

Este libro introduce al lector en la manera de pensar y trabajar en la biología moderna, al mismo tiempo que invita a jóvenes y profanos a participar en la investigación científica.
El autor plantea con sus propias experiencias y con el resumen de algunos trabajos de otros eminentes etólogos, ejemplos muy significativos: la atracción de las mariposas de sexos diferentes por las partículas desprendidas de las glándulas olorosas, la bioluminiscencia de las luciérnagas y sus intervalos de luz en las especies del género *Photinus*, el color rojo del vientre y baile en zig zag del pez espinoso; el vuelo amoroso de la mariposa arginis; el camachuelo, un pájaro con posibilidad de aprender; las paradas nupciales del coto y el caballito del diablo, etc.

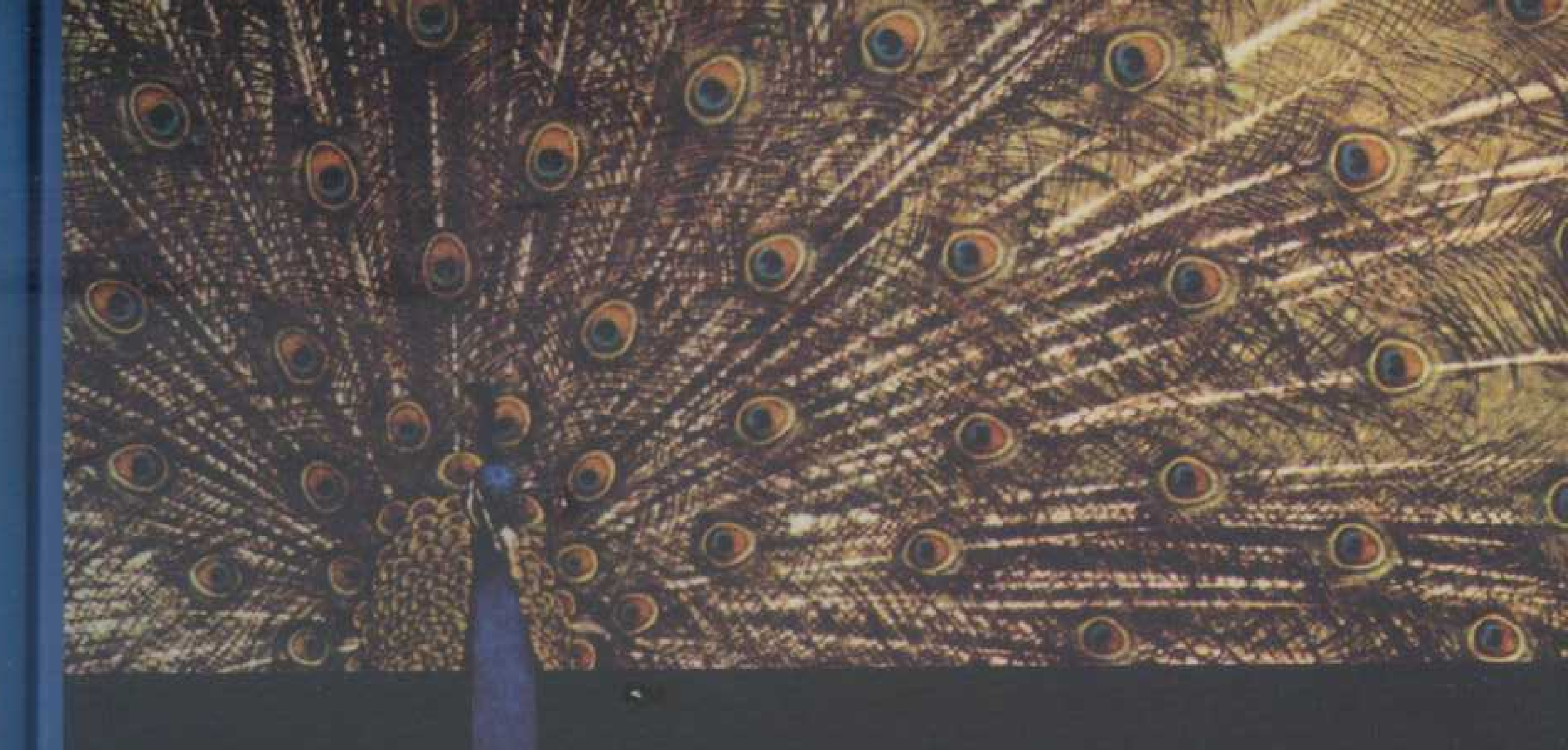
Eberhard Weismann nació en 1929 en Leipzig, estudió biología, química y geografía en Tubinga y Munich. Paralelamente a su labor de docencia como profesor de biología, ha estudiado durante muchos años, en colaboración con sus alumnos, el comportamiento reproductor y el desarrollo de los insectos y de las aves.

Los rituales amorosos

E. Weismann

55





Los rituales amorosos

Un aspecto fundamental en la comunicación de los animales

Eberhard Weismann

Biblioteca Científica Salvat


BRIAN SMITH





Los rituales amorosos

Biblioteca
Científica
Salvat



Los rituales amorosos

Un aspecto fundamental en la comunicación de los animales

Eberhard Weismann

SALVAT

Versión española del volumen uno *Partnersuche und Ehen im Tierreich* de la colección original alemana *Dynamische Biologie*, publicado por Otto Maier Verlag, Ravensburg

Traducción: Paula Álvarez
Diseño de cubierta: Ferran Cartes / Montse Plass

ISBN: 84-345-8880-3 (Obra completa)
ISBN: 84-345-8935-4 (Volumen 55)
Depósito Legal: B-20182-1994
Publicada por Salvat Editores, S.A., Barcelona
Impresa por Printer, i.g.s.a., Agosto 1994
Printed in Spain

ÍNDICE

I. HAY BUENOS MOTIVOS PARA EMPEZAR CON EL PETIRROJO

Allí donde haya jardines, bosques de monte bajo y parques, el petirrojo se encuentra en su elemento. Es prácticamente imposible confundirlo con otras aves cantoras por su llamativo pecho de color rojo anaranjado y su típico canto, que se puede oír incluso en invierno. Además, esta ave es extraordinariamente sedentaria. En el sur de Alemania rara vez abandona su región natal y a menudo pasa toda su vida en una reducida zona del jardín, del bosque o del parque que le han visto nacer. Estas tres características (su abundancia, el ser fácilmente reconocible y su sedentarismo) son ya motivos favorables para un observador. Éste se puede encontrar a lo largo de todo un año con el mismo petirrojo en la misma región, de forma que casi puede entablar una relación personal con el objeto de su investigación. Durante un año, es decir, durante muchos centenares de horas, un escolar dedicó su tiempo libre a esta ave, la observó y anotó todo lo que le pareció importante y digno de ser considerado. Los resultados de sus investigaciones servirán como fundamento para nuestras consideraciones generales sobre la búsqueda de pareja, el cortejo y el apareamiento en el reino animal. Con el ejemplo del petirrojo se mostrarán las líneas directrices de este libro. A todo lector con algo de constancia y de pa-

ciencia le será posible comprobar y ampliar las observaciones del escolar Michael H.

ANILLAMOS TRES PETIRROJOS

El cementerio de Ravensburg tiene 5,5 hectáreas de superficie. Está situado en las afueras de la ciudad y rodeado por un muro de ladrillo cubierto de hiedra. Varios cientos de estelas sepulcrales y de cruces, algunas tumbas y panteones, numerosos árboles cargados de belleza y de años, setos altos y bajos, matorrales grandes y pequeños, todo ello se une para formar un parque en el que habitan más de treinta clases diferentes de aves cantoras y entre ellas también se encuentra la de los petirrojos.

Para el ojo humano todos los petirrojos son iguales. Ni siquiera los machos y las hembras se diferencian por señal alguna, ya sea de colorido o de forma. Michael ya sabe todo esto cuando empieza en octubre su trabajo sobre los petirrojos. Después de algunos días ya está seguro de que en el cementerio de R. viven por lo menos tres petirrojos, pues ha oído cantar a tres de ellos al mismo tiempo desde diferentes árboles o matorrales. Pero estos tres, ¿son siempre los mismos?, y, ¿son machos o hembras?

Desde hace varias décadas es habitual en ornitología* identificar las aves mediante una anilla puesta alrededor de la pata del animal. Capturar petirrojos no es especialmente difícil, porque esta ave es muy curiosa e investiga cualquier cambio que se produzca en su espacio vital. Coloquemos, por ejemplo, cerca de un petirrojo en plena sesión de canto una trampa en forma de caja abierta —en la que previamente hemos introducido gusanos de harina o lombrices de tierra—; podemos estar seguros de que al cabo de poco tiempo el petirrojo se acercará a la trampa. Primero inspeccionará el extraño objeto desde lejos y poco después se irá acercando más. Rara vez resiste mucho tiempo la tentadora atracción de la comida y al cabo de un rato cruza la puerta abierta brincando hacia los gusanos. Tan pronto como toca la barra que ha sido colocada delante del cebo, se acciona el resorte. La puerta abierta se cierra y el pájaro queda prisionero. Entonces, con cuidado, se saca al ave cautiva de la jaulita y se le pone una anilla en la pata. Con esto queda marcada para siempre.

Pasados cuatro días Michael ha capturado ya los tres petirrojos con su trampa y los ha marcado con anillas de diferentes colores. A uno se la pone blanca, a otro amarilla y a un tercero azul —todas ellas en la pata izquierda. Luego los deja de nuevo en libertad.

En las siguientes semanas del mes de noviembre se dedica a señalar en un plano del cementerio todos los lu-

* *Ornitología:* ciencia de las aves. Para señalar a las aves se emplean dos tipos de anilla: anillas numeradas de aluminio con la dirección de la estación ornitológica correspondiente y anillos de plástico de diferentes colores y sin inscripción alguna. Para utilizar cualquiera de los dos tipos de anillas es necesario un permiso por escrito de las estaciones ornitológicas de Radolfzell o de Helgoland.

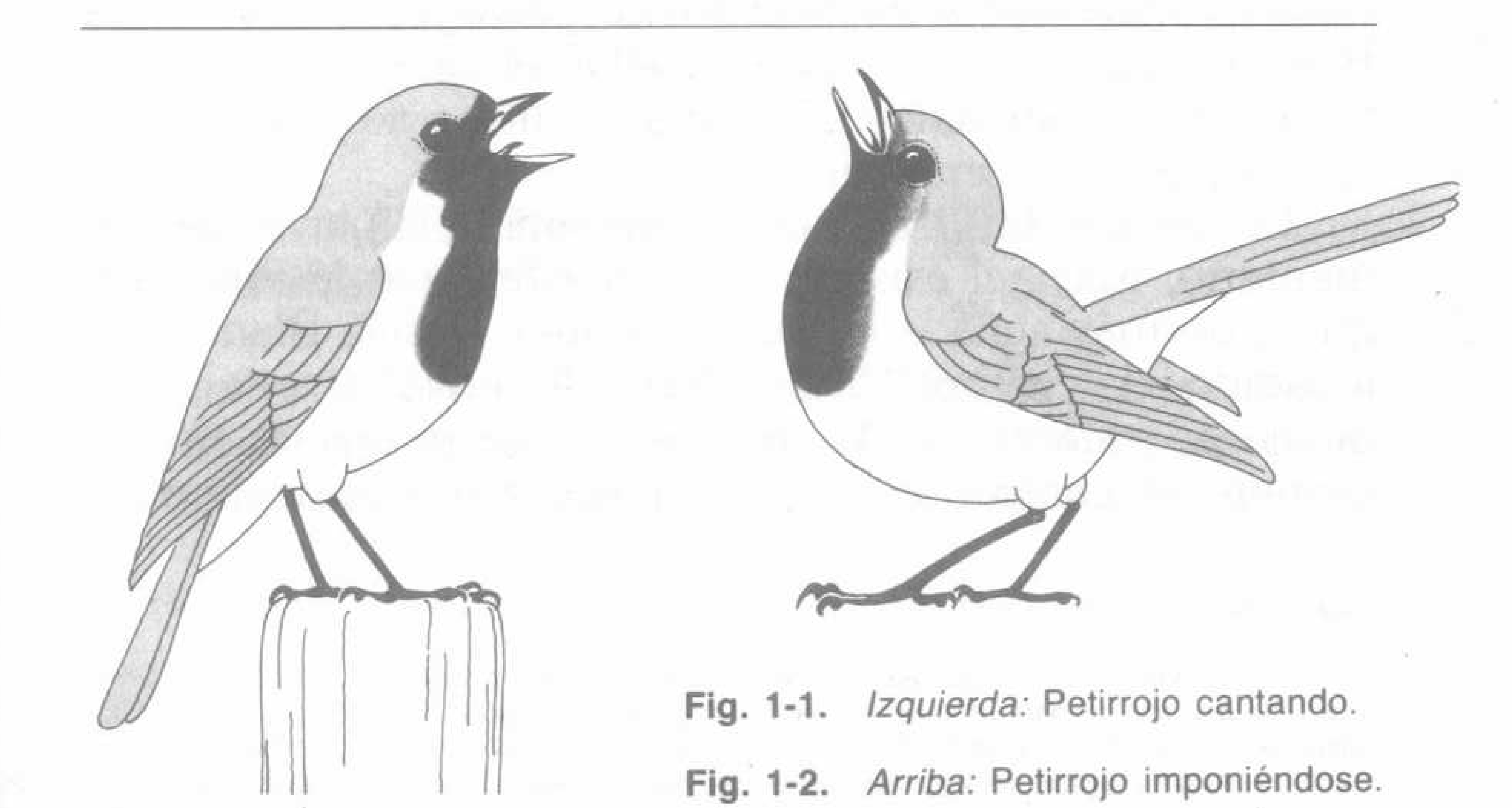


Fig. 1-1. *Izquierda:* Petirrojo cantando.

Fig. 1-2. *Arriba:* Petirrojo imponiéndose.

gares en que ha oído cantar a los petirrojos marcados y llega a la conclusión de que "Anilla Amarilla" habita en la parte nordeste del cementerio, "Anilla Azul" en el sudoeste y "Anilla Blanca" en el sur.

El día 13 de noviembre, hacia las cuatro de la tarde, "Anilla Blanca" está cantando en una rama de tilo sobresaliente, cerca de la entrada principal. De repente, se interrumpe en mitad del canto y se dirige volando al estrecho camino de grava que conduce a la capilla. Y hacia allí va también "Anilla Azul" dando saltitos, haciendo continuas reverencias con la cabeza y buscando alimento. "Anilla Blanca", con la cabeza ligeramente levantada, se planta justo enfrente de él y le muestra el pecho rojo en toda su superficie. Al mismo tiempo balancea el cuerpo y da pasitos cortos y rápidos hacia los lados. La cola la tiene empinada hacia arriba. Todo este ceremonial de exhibición* se acompaña con una estrofa cantada con gran vehemencia.

Al principio, "Anilla Azul" se queda rígido, sin moverse; luego se pavonea él también delante de "Anilla Blanca", canta un momento y de pronto se aleja volando con rapidez. Pasa por el camino ancho perseguido por "Anilla Blanca", quien, sin embargo, vuelve al cabo de un minuto, aterriza en su atalaya, la rama del tilo, y se pone a cantar muy alto y con excitación.

Un par de días después, en el camino superior del cementerio, Michael asiste a la misma representación, aunque algo más agitada en su transcurso. "Anilla Blanca" ha invadido el territorio** de "Anilla Amarilla" y éste se le planta al instante. Todo se produce en el mismo orden: primero el canto, luego la exhibición, el balanceo y los

* *Exhibición o imposición*: actitud a la vez amenazadora y fanfarrona en la que la ave se exhibe a sí misma para intentar acobardar a su rival. Se da un énfasis especial a ciertas partes del cuerpo o al conjunto de varios fenómenos (tamaño, colorido, forma, fuerza).

** *Territorio*: región habitada por un animal o comunidad de animales que lo defienden contra otros congéneres.

pasitos cortos hacia los lados. Sin embargo, antes de que "Anilla Blanca" pueda responder, "Anilla Amarilla" le ataca sin más preámbulos. Los dos rivales chocan entre sí batiendo las alas y una o dos plumitas revolotean por el aire antes de que "Anilla Blanca" se dé la vuelta y desaparezca volando; y detrás de él "Anilla Amarilla". Un cuarto de hora después, los dos petirrojos están posados el uno frente al otro en dos ramas distintas. Lo único que hay entre ellos es el camino. De los picos abiertos sale a borbotones el violento canto de guerra, por más que para el oído humano suene tan dulce y pacífico.

A finales de noviembre, Michael ya ha señalado en su mapa un gran número de atalayas de canto y media docena de lugares en que ha observado petirrojos imponiéndose o luchando. Los límites territoriales parecen discurrir entre los diferentes lugares de canto*.

Durante todo el mes de diciembre, Michael visita casi a diario a "sus" petirrojos y se siente satisfecho cada vez que los encuentra allí donde él espera: en su territorio, en sus árboles de canto y en sus arbustos. Por entonces, y especialmente a últimos de mes, el canto de "Anilla Azul" se hace cada vez menos frecuente. Finalmente, deja de oírse por completo.

"ANILLA AZUL" INVADE EL TERRITORIO DE "ANILLA BLANCA"

En los últimos días de enero, Michael observa algo que le llama mucho la atención. Cuando entra en el cementerio por la entrada principal ve a "Anilla Azul", al que durante semanas había echado de menos: cruza el camino principal buscando alimento y, como por casualidad, en-

* En la página 9 se encuentra el plano del cementerio de Ravensburg y en él representados los territorios de los petirrojos.



Fig. 1-3. En las fronteras de los territorios se producen, ocasionalmente, violentos enfrentamientos entre sus propietarios.

tra dando saltitos en el territorio de "Anilla Blanca". Éste no está ni a veinte metros de allí, en la parte superior del camino, posado en una tuya, cantando a todo volumen y con gran excitación. Metro a metro, haciendo reverencias a cada saltito, "Anilla Azul" se adentra en territorio ajeno y al hacerlo se va acercando al cantor. De repente, cesa el canto. Segundos después, "Anilla Blanca" está delante del intruso, toma posición, alza su cabeza hacia el cielo, se pavonea, balancea el cuerpo brevemente y se impone de nuevo.

Pero, ¿cómo se comporta entonces "Anilla Azul"? En principio, tendría que imponerse a su vez, cantar, luchar o huir. Sin embargo, no ocurre nada de esto. La cola y las alas de "Anilla Azul" se estremecen ligeramente, inclina por un momento la cabeza hacia delante, entona una breve estrofa de canto y pasa volando junto a "Anilla Blanca" en dirección al ramaje, medianamente alto, de un avellano. Al instante es perseguido por "Anilla Blanca". "Anilla Azul" se adentra cinco o seis metros más en territorio ajeno, y, de nuevo se planta delante de él "Anilla Blanca".

Sin embargo, "Anilla Azul" no parece prestar la menor atención a la imposición y al canto de su excitado congénere. Sigue paseándose por el territorio de "Anilla Blanca", perseguido pero no atacado por el propietario del lugar.

Esta función se repite durante dos o tres horas. También en los días siguientes tiene Michael ocasión de observar a los dos petirrojos en el mismo territorio; pero "Anilla Blanca" cada vez impone menos a "Anilla Azul". Casi parece que se hubiera tranquilizado por completo.

También en el territorio de "Anilla Amarilla" ha ocurrido algo: un petirrojo forastero, sin anillar, lo ha invadido y desde hace algunos días revolotea por allí.

A finales de marzo "Anilla Azul" lleva en el pico material para construir un nido y desaparece entre la espesa hiedra al pie de una vieja cruz sepulcral. Incansablemente vuela una y otra vez al escondrijo de la cruz con raicillas, cañas y musgo. Y si "Anilla Blanca" se acerca a él —ni una sola vez lo ve Michael llevando materiales para el nido—, "Anilla Azul" empieza a cantar muy alto y muy agudo, con las patas ligeramente encogidas, las alas caídas y temblando con todo el cuerpo. "Anilla Blanca" se acerca en seguida y le da un gusano, un insecto o una araña.

También el petirrojo forastero ha empezado a construir un nido en el territorio de "Anilla Amarilla" y para ello

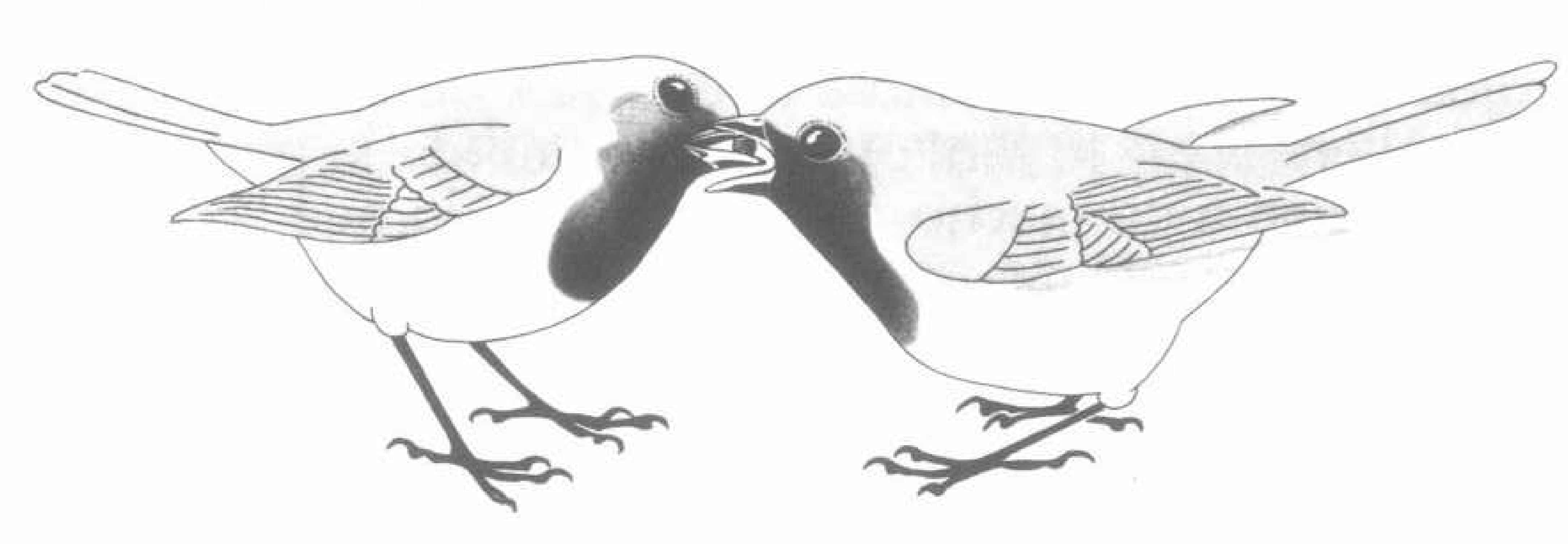


Fig. 1-4. Un petirrojo macho alimenta a la hembra mendicante.

amontona sus materiales bajo un pino caído que se tiende horizontalmente sobre un panteón familiar. "Anilla Amarilla" está junto a él sin material de construcción pero con comida.

Durante horas y horas Michael permanece sentado junto a los dos nidos registrando cada una de sus observaciones en una tabla cronológica: cuenta las entradas en el nido, cronometra el tiempo que dura la construcción y anota las veces que la pareja suministra alimento. Con ayuda de los prismáticos trata de averiguar de qué comida se trata.

De nuevo, "Anilla Blanca" ha hecho entrega a "Anilla Azul" de una araña, pero esta vez la pareja no se separa. "Anilla Azul" se queda sobre el arriate del sepulcro sin moverse, ligeramente encogido, con la cabeza estirada hacia delante y la espalda curvada. Entonces, sin ningún tipo de transición, "Anilla Blanca" salta sobre el inmóvil y rígido "Anilla Azul". Los dos abdómenes se oprimen mutuamente por unos instantes. Un estremecimiento recorre a "Anilla Blanca", luego se separa de un salto y desaparece en el ramaje de un tejo. "Anilla Azul" se esponja brevemente, ahueca su plumaje con el pico y se va también.

De la misma forma, en el otro territorio esta escena de apareamiento, siempre igual en su transcurso, es observada por Michael un par de veces más. Allí es "Anilla Amarilla" el que salta a la espalda de su pareja y se aparea con el petirrojo sin anillar.

Michael ya sabía por sus lecturas* que entre los petirrojos es siempre la hembra la que sale en busca de pareja. Abandonan su territorio al principio de la primavera y se asocian a un macho. También ha leído que las hembras construyen el nido solas pero que, en compensación, son alimentadas por los machos. Tras haber observado los

* David Lacks, *The Life of the Robin* es la obra más amplia que existe sobre la forma de vida y el comportamiento del petirrojo.

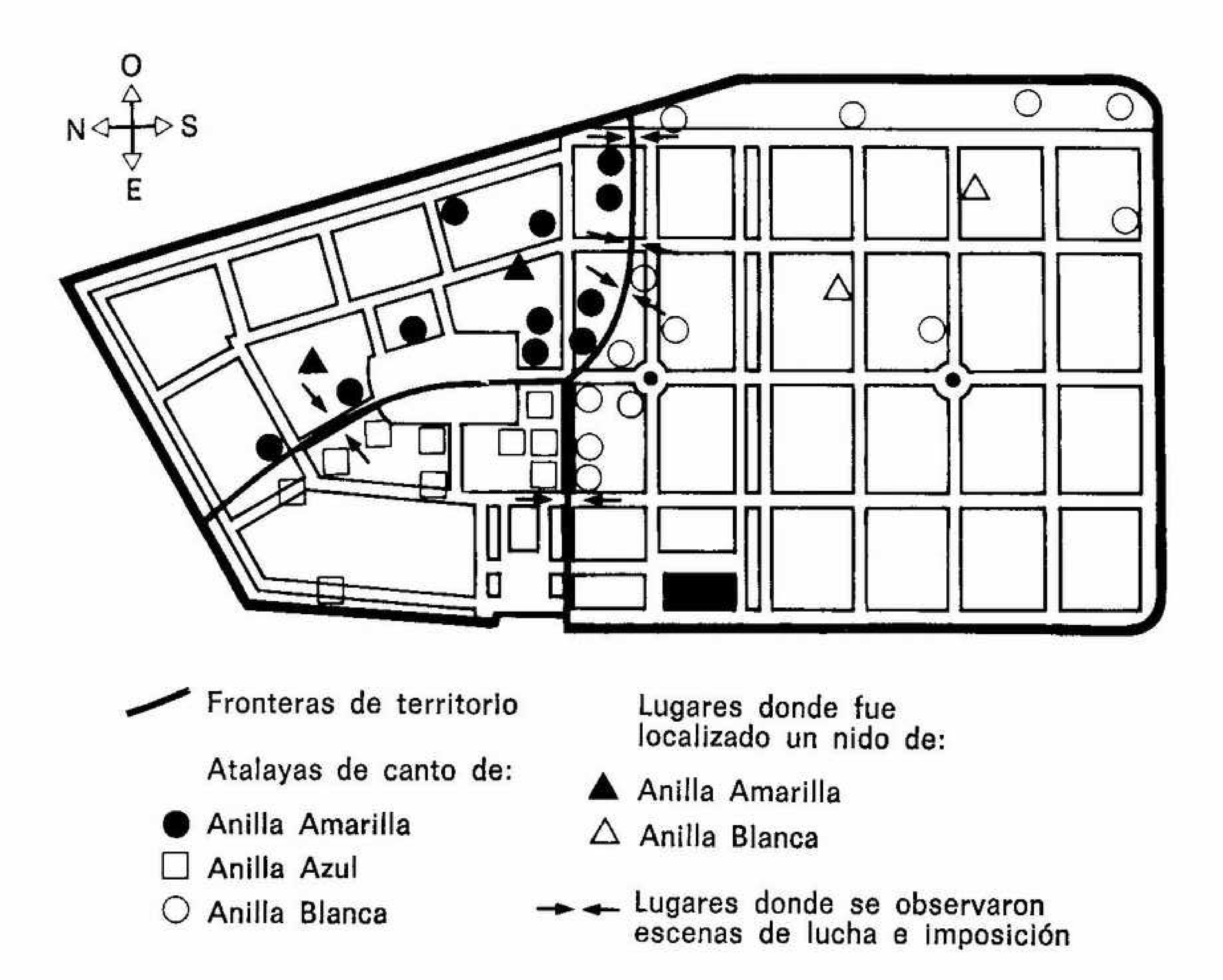


Fig. 1-5. Territorios de los petirrojos en el cementerio de Ravensburg.

citados petirrojos está del todo seguro: "Anilla Blanca" y "Anilla Amarilla" son machos; "Anilla Azul" y el otro petirrojo forastero son hembras.

CRÍAN A SUS POLLUELOS ENTRE LOS DOS

A principios de abril, la hembra "Anilla Azul" desaparece entre la hiedra a primeras horas de la mañana y ya no vuelve a aparecer durante bastante tiempo. Cuando, finalmente, abandona el agujero y Michael ilumina la cuevecita con su linterna, se encuentra sobre el acolchado del nido un huevo con manchas entre rojizas y parduscas.

Diariamente la cuenta aumenta con un huevo más hasta que, después de poner el quinto, la hembra se queda en el nido sin abandonarlo más que brevemente para ir en busca de alimento. Incuba los huevos ella sola durante catorce días. Sólo cuando ya hay que alimentar a los polluelos —que al principio están casi totalmente desprovistos de plumaje— empieza el macho a participar en el cuidado de la nidada y aporta alimento al nido.

Durante todo el tiempo que dura la construcción del nido, la incubación y la cría, la pareja vuela por el territorio buscando alimento y expulsando a otros petirrojos, que buscan territorio, o a la pareja vecina, que también traspasa una y otra vez los límites establecidos. Sin embargo, apenas se ocupan de otras especies, como verderones, mirlos, colirrojos y estorninos, que en gran número revolotean y anidan en su territorio. Los petirrojos sólo atacan y expulsan al perturbador de su paz cuando una de estas aves se acerca demasiado al nido.

Después de dos semanas en el nido, los polluelos ya son capaces de volar y abandonan el antro protector escondido en la hiedra. Michael se encuentra ahora a la familia de petirrojos por todo el territorio, a los hambrientos polluelos, moteados de marrón, o a los padres trayendo la comida. A mediados de mayo, las crías de petirrojo ya han abandonado el cementerio y la pareja empieza con la segunda puesta. Para principios de julio ya han abandonado el nido y el territorio otros cinco petirrojos; y entonces es cuando el comportamiento de la pareja sufre un cambio. Cada vez es más raro verlos juntos. Casi parece como si se evitasen el uno al otro. A mediados de julio "Anilla Blanca" está de nuevo solo en su territorio, "Anilla Azul" le ha abandonado.

Cuando, a comienzos de septiembre, Michael, después de un largo descanso en sus observaciones, regresa al cementerio de R., se encuentra en seguida con sus tres petirrojos anillados. Cada uno vive de nuevo solo en su territorio y, como el año anterior, siguen cantando en las

fronteras de sus demarcaciones y rechazando a sus congéneres imponiéndose y luchando.

MIRADA RETROSPECTIVA SOBRE UN AÑO DE OBSERVACIÓN

Durante un año entero Michael ha observado tres petirrojos anillados y ha estudiado sobre todo su conducta en el capítulo de las relaciones entre ellos. Pongamos aquí fin a sus anotaciones y resumamos los datos obtenidos.

De septiembre a diciembre los petirrojos viven solos en sus respectivos territorios. Con gran celo vigilan que ningún congénere invada su territorio y les dispute su derecho de propiedad. Tanto machos como hembras defienden, en enfrentamientos a veces muy tensos, las fronteras de su territorio, señalizadas anteriormente por medio del canto. A mitad del invierno, las hembras abandonan los que hasta entonces habían sido sus hábitos, renuncian a sus territorios y van a la búsqueda de pareja. Cuando una hembra ha encontrado un macho, se introduce en el territorio de éste y busca su proximidad, aunque al principio choca con el rechazo del macho hasta que éste le tolere. A fines de marzo, la hembra empieza a construir el nido en su nuevo territorio, mientras el macho provee a su alimentación. Anidan juntos y solamente la hembra incuba los huevos, pero la cría de los pollos es llevada a cabo por ambos. Después de una segunda puesta, el vínculo se afloja entre macho y hembra y la pareja se separa, rechazando ambos petirrojos cualquier individuo de su misma especie.

Un año de la vida de un petirrojo se divide claramente en tres partes:

— La temporada en que viven solitarios.
— La temporada en que buscan compañero.

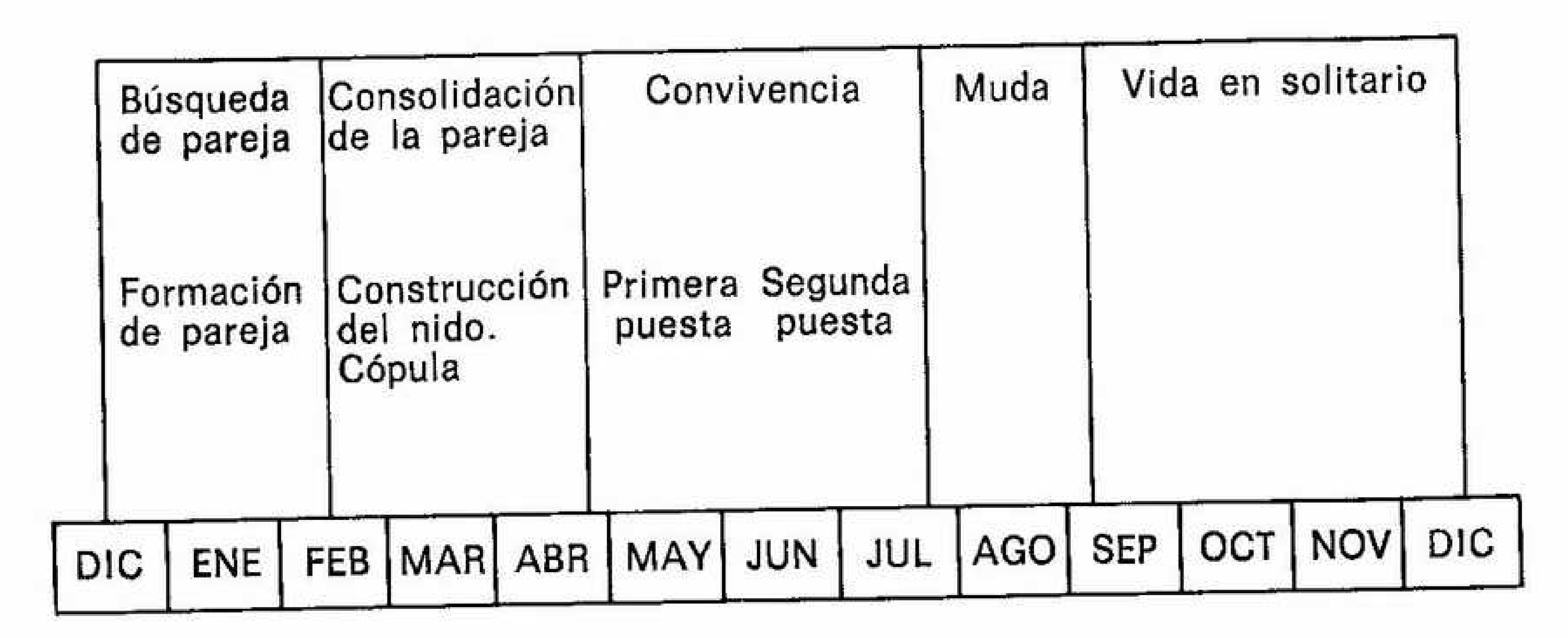


Fig. 1-6. El transcurso de un año en la vida de un petirrojo.

— La temporada durante la que macho y hembra viven en pareja.

Al igual que los petirrojos, otras muchas especies animales viven gran parte de su vida en solitario. En la época de apareamiento salen de su aislamiento y buscan pareja.

En el caso del macho de la mosca común, todo este proceso de buscar y aparearse con una hembra se completa en unos breves instantes. El macho se acerca sin rodeos a la hembra, salta encima de ella, copula y a continuación se separa. Un encuentro de un instante que lleva el acto de la fecundación a su fin. En el petirrojo es diferente. El cortejo del macho a la hembra puede durar meses antes de que lleguen a aparearse. Tras unas semanas dedicadas al cuidado de sus crías, las parejas se separan. Otras especies animales, como los cisnes, se unen para toda la vida y permanecen juntos aun después de extinguido el instinto de reproducción.

Pero, por más que las formas de comportamiento de las distintas especies animales a la hora del apareamiento, antes y después, sean tan distintas entre sí, los biólogos se ven siempre enfrentados a las mismas preguntas básicas y a los mismos problemas:

— *¿Qué es lo que impulsa a los animales a renunciar al aislamiento en una determinada etapa de su vida?*

— *¿Qué los hace ir en busca de pareja?*

— *¿Qué les indica el camino hacia sus congéneres?*

— *¿En qué se reconocen?*

— *¿En qué notan si están ante un macho o ante una hembra?*

—*¿Cómo logran conquistar a la pareja, una vez buscada y hallada?*

— *¿Qué es lo que une a algunas parejas durante un período de tiempo a veces asombrosamente largo?*

Estas preguntas son las que nos ocuparán en los capítulos siguientes.

II. LOS ANIMALES BUSCAN PAREJA

El cultivo de los campos con abonos artificiales y sobre todo la lucha por exterminar los animales dañinos con fumigaciones venenosas han tenido consecuencias devastadoras para una de nuestras especies animales de más rico colorido: las mariposas. Cada vez resulta más difícil para el amante de las mariposas, y no digamos para el coleccionista, encontrarlas en el campo. Por eso no es de extrañar que gran número de entomólogos* se hayan decidido a criar mariposas, sobre todo las especies más raras, en sus casas. Mediante una revista especializada** compran los huevecillos por docenas y los cuidan en cajones que hacen las veces de insectarios. Alimentan las orugas nacidas de los huevos con plantas adecuadas, las ven convertirse en crisálidas después de varias mudas y no es raro que se pasen noches enteras en vela ante sus insectarios para seguir paso a paso el nacimiento de la mariposa.

---

* *Entomología:* ciencia que estudia los insectos.

** Los criadores privados ofrecen huevos de mariposas en la revista de entomología *Insektenbörse*. Por este medio, el aficionado puede procurarse los huevos comprándoselos directamente a los criadores.

EL ATLAS FUGITIVO

Dos estudiantes, los dos fanáticos coleccionistas y criadores de mariposas, se procuraron huevos de orugas americanas e indias y los metieron en el frigorífico con objeto de detener su desarrollo hasta que se pudiese disponer de las plantas necesarias para alimentar a las orugas. Mientras pasaba el invierno construyeron grandes insectarios, cajas cúbicas con cincuenta centímetros de arista cada una, rodeadas de tela metálica. En cuanto los cerezos reverdecieron, nuestros estudiantes sacaron sus huevos del frigorífico, los depositaron cuidadosamente en cajas de cartón y los pusieron al calor sobre el soleado alféizar de la ventana. Nada más nacer las orugas, las trasladaron a los insectarios sobre tallos de plantas forrajeras que habían mantenido en botellas con agua. Las pequeñas orugas, impasibles, devoran las hojas, mudan la piel, crecen, vuelven a mudar la piel y se hacen cada vez más grandes y más gordas. Cada día les ponen ramas frescas, a las "americanas", de cerezo, y a las "asiáticas", de lilas y aligustre. Y un día, de repente, ya no se oye el crujiente ruido de los voraces animales. Las orugas empiezan a ayunar, signo que indica a los criadores la inminencia de la metamorfosis en crisálida. De una glándula situada encima de las pinzas sale un hilo delicado como la seda y brillante como la plata. La oruga mueve sin cesar la cabeza siguiendo el trazado de un ocho en posición horizontal. Muy poquito a poco se va encerrando en este hilado (capullo). Dentro de él tendrá lugar la transformación —invisible para el observador— en mariposa.

Durante meses nada parece moverse en los capullos. Una noche, a finales de la primavera del año siguiente, la espera llega a su término. Durante horas se puede percibir un débil crujido en dos de los capullos. Uno de los dos estudiantes espera pacientemente delante de sus insectarios conteniendo una gran tensión, pues es la primera vez que su amigo y él logran criar, desde el huevo hasta la crisálida, una de las mariposas más grandes del mundo, el Atlas. Y ahora, naturalmente, quiere fotografiar el nacimiento del gigante —miden casi treinta centímetros de punta a punta con las alas extendidas. Poco antes de la medianoche salen de los capullos, casi al mismo tiempo, dos cuerpos torpes y groseros. Por sus anchas antenas emplumadas se puede saber que ambos son machos. Todavía pasa algún tiempo hasta que sus oscuros cuerpos salen por completo de los capullos y extienden en todo su esplendor las alas, antes húmedas y pegadas. Hace ya rato que el estudiante ha quitado la tela metálica. Fase a fase fotografía la salida del capullo. Pero entonces ocurre algo totalmente imprevisto. En el momento en que introduce en la cámara un nuevo carrete, uno de los dos machos levanta el vuelo con pesado batir de alas y, tras algunas vueltas en la pequeña habitación, desaparece por la ventana abierta hacia la oscuridad de la noche.

Ese mismo día, el otro estudiante, que vive a medio kilómetro de distancia, se había acostado hacia las once de la noche y había apagado la luz. Al efectuar el control nocturno de sus crisálidas no había notado nada extraño. Hacia las dos de la madrugada le despierta un curioso ruido. Enciende la lámpara de su mesilla y ve una enorme mariposa batiendo las alas sobre uno de sus insectarios. Sin hacer ruido se levanta, cierra la ventana y contempla la mariposa. Es un Atlas macho. Su primera idea es que una de sus mariposas ya ha salido del capullo. Pero, tras examinar las cajas una por una, se da cuenta de que no hay en ninguna de ellas capullos vacíos. Sólo al llegar a la caja sobre la que el macho sigue revoloteando ve un Atlas hembra recién salido. Levanta la tela metálica y en seguida el macho vuela hacia la hembra e inicia el apareamiento.

Al día siguiente, cuando los dos estudiantes se encuentran, se saludan alegremente. «¡Un Atlas ha venido volando a mi habitación!» «¡Y a mí se me ha escapado

un Atlas!» Para ambos no hay ya ninguna duda: el Atlas macho ha encontrado el camino hacia la recién nacida hembra.

Pero, ¿cómo puede una mariposa asiática en mitad de la oscuridad de la noche volar a través de bloques de casas, calles y esquinas y recorrer un trayecto de unos quinientos metros para encontrarse con una hembra recién salida de su capullo?

LA ENIGMÁTICA BÚSQUEDA DE LA LAGARTA PELUDA

Para criadores de mariposas este tipo de experiencias no es nada inusual. Casi todos ellos han experimentado alguna vez lo que ocurre cuando la hembra de una especie local de mariposa nocturna sale del capullo. Pronto aparecen en la ventana, aunque esté cerrada, los machos, primero unos pocos y luego en número cada vez mayor.

¿Cómo han descubierto los machos la existencia de la hembra? ¿Quién les ha mostrado el camino hacia ella?

Estas preguntas han ocupado durante muchos decenios a un gran número de científicos. En las páginas siguientes vamos a seguir paso a paso el proceso por el cual la biología soluciona y contesta experimentalmente estas preguntas.

Todo experimento en el que participen animales obliga a reflexionar en primer lugar sobre tales animales. Deben poderse criar fácilmente y en gran número y no tienen que presentar grandes exigencias en cuanto a clima y alimentación.

Hay una mariposa nocturna relativamente abundante, la lagarta peluda, que vive preferentemente en árboles frutales y robles, pero también en plantas coníferas. Desde finales de julio hasta septiembre, los machos —pequeños y de color pardusco— desarrollan su actividad aérea, tanto de día como de noche. Las hembras —más grandes y

de color blanco sucio (lámina 2-3)— son muchísimo más perezosas. Ponen los huevos —entre trescientas y ochocientas unidades— en las cortezas de los árboles, vallas y cercas. Los varios centenares de huevos son cubiertos por un grueso acolchado gris, que proporciona a la puesta en su conjunto el aspecto de una lámina plana y esponjosa. Los huevos hibernan en este estado y las orugas salen del huevo, como muy pronto, en abril, lo que proporciona tiempo suficiente para la recogida de puestas o, después, de orugas.

Lo especialmente ventajoso respecto al mantenimiento de estas orugas es que no tienen ningún tipo de pretensiones en cuanto a la alimentación. Tanto comen césped, juncos y hierbas como hojas de árboles caducifolios y coníferas. Las orugas, ya crecidas, se transforman en crisálidas entre julio y agosto, después de varias mudas; eligen, para ello, las ramas en forma de horquilla o las cortezas desprendidas, pero también lo hacen en los ángulos de los insectarios. El tiempo que pasan como crisálidas es breve y media hora después de haber salido del capullo la mariposa ya está en condiciones de aparearse.

Con todas estas características: es relativamente abundante, se puede criar fácilmente y no necesita cuidados especiales, la lagarta peluda es un animal adecuado para experimentar con él. Pero volvamos ahora a la pregunta del principio: ¿A qué distancia son capaces de encontrar las lagartas peludas macho a las hembras recién salidas del capullo? ¿Qué es lo que los guía? ¿Cómo encuentran a las hembras?

La cuestión de la distancia se puede aclarar con un experimento de expedición*. Para ello necesitamos un gran número de machos y algunas hembras recién salidas del capullo. En primer lugar, tenemos que marcar los machos.

* En biología los *experimentos de expedición* se llevan a cabo para investigar la capacidad de un animal de regresar al punto de partida de un terreno desconocido para él.

Puesto que las manchas de colores, el procedimiento habitual a la hora de marcar insectos, no se quedan fijadas en las alas escamosas, lo que hacemos es efectuar con una tijera minúscula pequeñas muescas en el borde de las alas traseras, una pequeña operación indolora para la mariposa. Mediante el número y la posición de las muescas en el borde del ala y las posibles combinaciones entre ala derecha e izquierda, se puede diferenciar un gran número de animales para el experimento. Entonces se colocan los insectarios con las hembras recién salidas de la crisálida en el jardín o en un balcón o en una mesa al lado de una ventana abierta. Los machos son clasificados en diferentes insectarios según la marca que se les haya hecho y se cargan en un vehículo. El experimento empieza tan pronto como oscurece. Cuando se ha recorrido aproximadamente medio kilómetro se sueltan los primeros veinte machos, marcados en el lado derecho. Se debe anotar lo más exactamente posible la hora en que son soltados, el número de ellos, la marca que llevan y la dirección del viento. El viaje prosigue. Quinientos metros después tiene lugar la siguiente puesta en libertad. De nuevo se sueltan veinte machos, pero esta vez marcados en el lado izquierdo. A distancias regulares de dos, tres, cuatro kilómetros se sueltan cada vez veinte machos. Para todos ellos la dirección del viento es la misma: procedente del lugar en que están las hembras.

Ahora hay que volver tan rápido como sea posible al lugar donde están las hembras y observar qué ocurre allí en las horas siguientes.

Poco tiempo después de nuestro regreso llegan las primeras lagartas peludas macho. Están marcadas en el lado derecho. Zumbando con las alas se instalan sobre el criadero donde están las hembras. Pronto llegan las siguientes, algunas de las marcadas en el lado izquierdo. Después de unas horas se puede interrumpir el experimento: ¡Han vuelto machos marcados de todos los lugares en que se los soltó, incluidos los que tuvieron que recorrer cuatro kilómetros de distancia! Sin embargo, hay una parte de ellos que no regresan: quizás han encontrado por el camino otras lagartas peludas hembra o han caído víctimas de un enemigo.

Al realizar otros experimentos de este tipo con distancias considerablemente mayores se ha comprobado que las lagartas peludas macho encuentran a las hembras recién salidas del capullo... ¡incluso a dieciséis kilómetros de distancia! Al principio se queda uno estupefacto ante esta capacidad de vuelo y de orientación y se pregunta: ¿cómo puede un animal encontrar a su congénere en mitad de la noche y a distancias tan considerables? La casualidad queda excluida por las marcas y por el elevado número de los que vuelven. ¿Es posible que las mariposas nocturnas vean, oigan o huelan a las hembras a esa distancia?

¿Qué órganos sensoriales son, pues, los que toman parte en el vuelo de búsqueda?

Para poder averiguarlo, en los experimentos que relatamos a continuación, inutilizaremos de uno en uno los órganos sensoriales de las lagartas peludas macho. Empezaremos con el sentido de la vista, aunque en realidad lo podríamos excluir del experimento con casi completa seguridad, pues en la oscuridad de la noche pierde ya a priori todas sus posibilidades. En primer lugar, se cubren los ojos de algunas lagartas peludas macho con manchas de tinta que fácilmente se podrán eliminar después del experimento. Luego se cargan los animales en un vehículo y se los vuelve a soltar a distintas distancias. El resultado sigue siendo el mismo. Los machos "ciegos" también encuentran el camino que conduce a las hembras. Con esto queda eliminado el sentido de la vista como determinante de la orientación hacia la hembra, lo que ya habíamos sospechado desde el principio.

El sentido del oído resulta más difícil inutilizarlo porque en la lagarta peluda aún no ha sido localizado, lo que no quiere decir, ni mucho menos, que las mariposas nocturnas no puedan tener órganos auditivos en partes de su

cuerpo totalmente insospechadas (lámina 2-8). Por ahora dejaremos abierta la posibilidad del oído.

Y, con ello, ha llegado el turno de las antenas, esas protuberancias del grosor de un cabello que las mariposas tienen en la cabeza. Los insectos tienen localizados los sentidos del tacto y del olfato, sobre todo, en las antenas. Si extirpamos a las lagartas macho las dos antenas peludas y luego las soltamos, ni una de ellas se dirige hacia la hembra ni siquiera desde una distancia mínima. Ni una de ellas es capaz de encontrar a la hembra. De acuerdo con esto, el órgano sensorial con que las lagartas peludas macho se orientan hacia las hembras reside en las antenas.

En este punto de la investigación podemos establecer una hipótesis de trabajo*, que sería como sigue: los machos de las mariposas nocturnas, objeto de nuestra investigación, se sirven del olfato para encontrar a las hembras.

Pero, el experimento de cortar por la base las antenas tiene un pequeño defecto. Los animales sometidos a él fueron heridos y pudiera ocurrir que estas heridas hicieran desaparecer el "deseo" de acercarse a las hembras. Por lo tanto, sería aconsejable comprobar la cuestión del olfato de nuevo y esta vez en circunstancias más normales.

Para ello, ponemos una lagarta peluda hembra, recién salida del capullo, dentro de una campana de vidrio transparente pero impermeable al aire y otra, bajo una campana de tela metálica a través de la cual el aire puede circular libremente. Después, soltamos algunos machos por los alrededores. Todos ellos, sin excepción, se agrupan en torno a la campana de tela metálica. A la hembra que está en la campana de vidrio no le hacen el menor caso. El resultado de este experimento parece señalar de forma rotunda al sentido del olfato. Sin embargo, al estructurar la investigación no podemos excluir la posible existencia de

* *Hipótesis de trabajo*: afirmación que aunque todavía no está demostrada tiene muchas probabilidades de ser cierta. Las hipótesis de trabajo determinan el curso que ha de seguir la investigación.

un sentido auditivo. Por lo tanto, es necesario proseguir con los experimentos.

Un gran número de mariposas nocturnas —y, entre ellas, también la lagarta peluda hembra— desarrolla, ya poco después de salir del capullo, unas glándulas olorosas esféricas en el abdomen (lámina 3-1). Si se extirpan estos saquitos y se ponen sobre un papel medio metro más allá de la hembra amputada, todos los machos vuelan hacia el papel de las glándulas e incluso intentan el apareamiento con ellos. La hembra, que permanece allí a corta distancia, pasa totalmente desapercibida. Y lo mismo ocurre cuando una hembra se ha posado durante algún tiempo en papel secante: los machos vuelan hacia este último y lo rodean como si hubiese una hembra sobre él.

Son quizás estos dos últimos experimentos los que más claramente demuestran qué es lo que ocurre: las lagartas peludas macho, al igual que otras mariposas nocturnas, son atraídas por el olor de las hembras, olor que éstas producen en sus glándulas olorosas situadas en el abdomen. El órgano olfativo localizado en las antenas es lo único que guía a los machos. Los sentidos de la vista y el oído no desempeñan aquí ningún papel.

Con esto, el problema parece estar definitivamente resuelto. Y, sin embargo, queda un resto de duda. Imaginémonos, por un lado una lagarta peluda hembra que en unas glándulas tan grandes como la cabeza de un alfiler produce, en total, la diezmilésima parte de un miligramo de olor en forma gaseosa. Y, por el otro, un macho a varios kilómetros de distancia que, de repente, abandona su lugar de reposo en la corteza de un árbol o en una rama para dirigirse volando hacia la hembra a considerable velocidad. A tanta distancia, el olor tiene que estar por fuerza tan diluido que sólo por pura casualidad se encuentren en el aire algunas partículas aisladas de la sustancia secretada por la hembra (moléculas olorosas). Pero, ¿cómo pueden estas moléculas aisladas posibilitar un vuelo claramente dirigido a un objetivo determinado?

EL VIENTO Y LAS CORRIENTES OLOROSAS

Al llevar a cabo los anteriores experimentos con las lagartas peludas macho se pudo observar además que sólo pueden encontrar a la hembra aquellos machos a los que el viento procedente de la hembra les da "de cara".

Primero, los machos abandonan su lugar de reposo levantando el vuelo y revolotean, aparentemente sin dirección fija y sin orientarse hacia un objetivo determinado. Sin embargo, algunos segundos después se vuelven en sentido contrario al viento y vuelan con éste de frente. Siguen volando siempre contra el viento y así se acercan, metro a metro, a la fuente del olor, la hembra. Entonces, su vuelo, que había transcurrido en línea casi totalmente recta, empieza a dibujar ondas en el aire. Trazando nítidas curvas a derecha y a izquierda llega hasta la hembra y se aparea con ella.

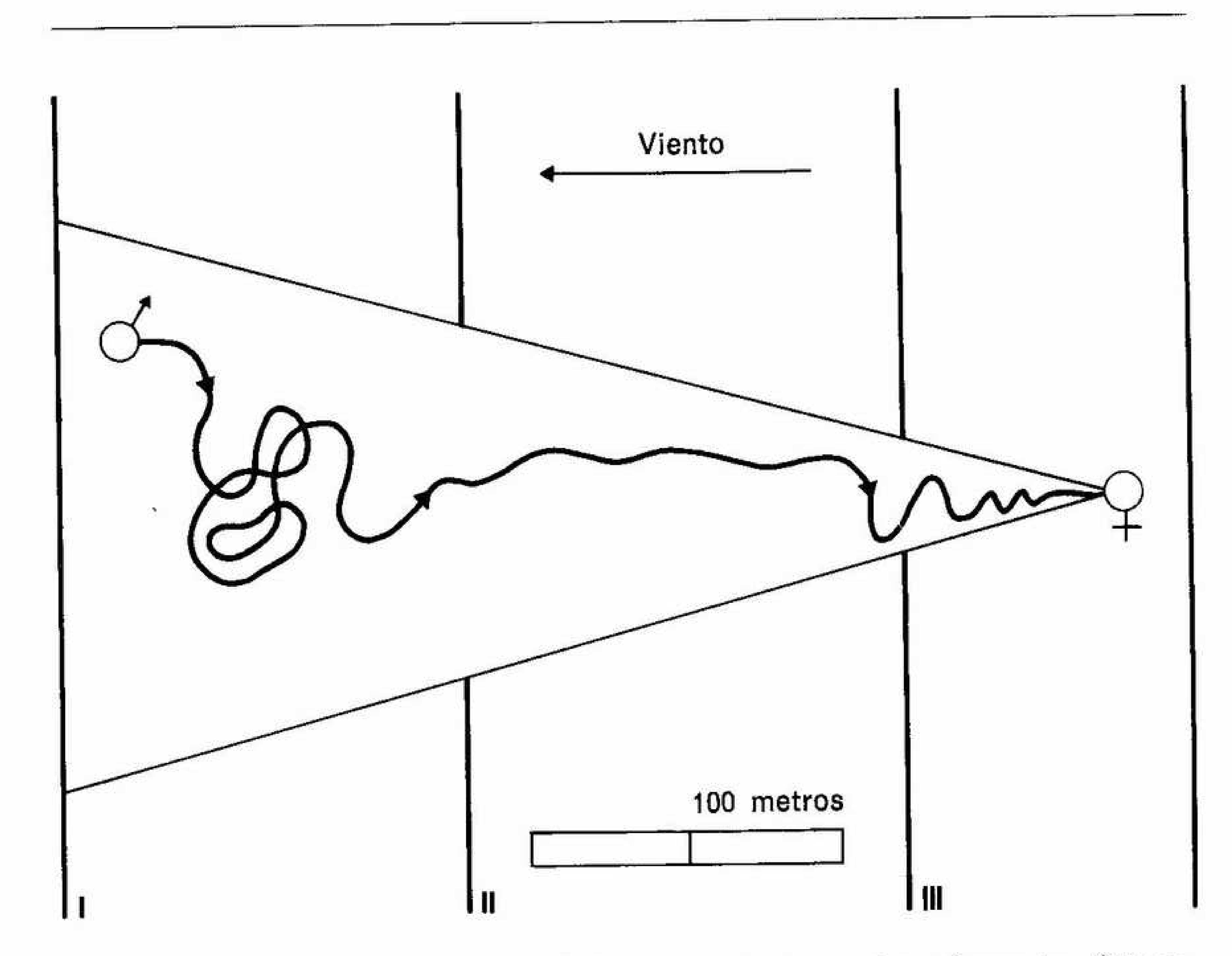


Fig. 2-1. Vuelo de búsqueda de la lagarta peluda macho: ♂ macho, ♀ hembra. I) Vuelo de búsqueda sin dirección. II) Vuelo orientado contra el viento. III) Orientación según las corrientes de concentración olorosa.

Muchos científicos se han preguntado cómo funciona, cómo trabaja el sentido olfativo de la mariposa nocturna a tales distancias. Aunque hay algunas explicaciones convincentes de esta asombrosa hazaña orientativa, aún no disponemos de pruebas definitivas. Quizá sea correcto afirmar que el vuelo de búsqueda se divide en tres fases:

Primera fase: Algunas moléculas olorosas aisladas, provenientes de la hembra y dispersadas por el viento, caen sobre las antenas del macho y provocan en él una intranquilidad y un deseo de volar. Entonces despega y empieza a volar sin dirección.

Segunda fase: El macho se orienta según el viento y vuela contra él sin desviarse. Para ello necesita un instrumento que le indique la dirección del viento; esta función parece ser asumida por un órgano sensorial descubierto en las articulaciones de las antenas.

Como el viento transporta las partículas olorosas de la hembra, al volar el macho en sentido opuesto se acerca cada vez más a ella. Y cuanto más cerca esté de la causa del olor, con tanta más frecuencia excitarán su órgano olfativo las partículas de la hembra.

Tercera fase: Al llegar a un número determinado, aunque todavía desconocido, de moléculas olorosas que chocan contra las antenas del macho o, dicho de otra forma, cuando se alcanza una cierta concentración de olor, es el órgano olfativo el que asume las funciones de guía. En esta fase el macho se orienta por las corrientes de intensidad olorosa. Si hay más moléculas que choquen con la antena izquierda que con la derecha, el macho gira a la izquierda y dibuja una curva en esta dirección hasta que la

concentración de partículas es mayor en la antena derecha. Cuando esto sucede, tuerce hacia la derecha. Según, pues, el número de moléculas que chocan con él vuela hacia la derecha o hacia la izquierda describiendo un movimiento pendular, en el transcurso del cual se va acercando progresivamente hasta alcanzar el punto de mayor intensidad olorosa, la hembra.

ATRACCIÓN SEXUAL QUÍMICA EN EL REINO ANIMAL

Los olores, especialmente los que funcionan como reclamos sexuales, desempeñan un importante papel en el mundo de los insectos. Sin embargo, en muy pocas especies de insectos se han llevado a cabo experimentos tan precisos como los de las mariposas nocturnas para averiguar la importancia de los olores en la búsqueda de pareja. De las abejas se sabe que la reina, en el vuelo nupcial, usa una sustancia (feromona sexual*) con la que atrae casi magnéticamente a los zánganos —las abejas macho. En el caso de los abejorros, sin embargo, aún no está claro qué importancia tienen las sustancias olorosas para atraer a la pareja.

En la época de reproducción los abejorros revolotean por el campo con una constancia asombrosa marcando hierbas, hojas y troncos de árboles con unas glándulas localizadas en los órganos bucales. Para ello, se atienen a una determinada ruta de vuelo y al hacer su ronda vuelven siempre a los mismos puntos, ya marcados, para salpicarlos de nuevo. Muy pronto aparecen otros machos que se suman a la ronda y a la labor de señalización. En

* *Feromona:* señal química intercambiada entre congéneres. Se trata siempre de sustancias químicas secretadas por el animal —la mayoría de las veces por glándulas— que provocan en el congénere una determinada reacción.

un momento cualquiera hacen su aparición las primeras hembras, que se encuentran con el grupo cada vez más numeroso de los machos y pronto se aparean cada hembra con un macho.

¿Qué importancia tienen estos vuelos de señalización de los machos? Seguramente sirven para atraer a las hembras. Pero, ¿qué es lo que atrae, en particular, a cada uno de los abejorros hembras? ¿Son las señales olorosas en el terreno? ¿Se acercan los abejorros hembra a los machos orientándose por el olor? ¿O acaso los puntos olorosos sólo son un medio para reunir a los machos y obligarlos a seguir en gran número la misma ruta de vuelo? ¿Serán atraídas, entonces, las hembras ópticamente, mediante el sentido de la vista, por la gran cantidad de machos? No lo sabemos.

La ciencia está empezando ahora a penetrar en el mundo de los olores del reino animal y a descifrar sus claves. Como el hombre carece de un órgano olfativo bien desarrollado, se ve impedido por dificultades casi insalvables cada vez que emprende una investigación sobre las glándulas olfativas o intenta explicar la importancia de los olores. Los propietarios de perras en celo pueden poner el mayor cuidado en encerrarlas y, sin embargo, al cabo de poco tiempo —aunque nosotros no percibamos nada de sus exhalaciones— ya han atraído por docenas a los perros de la vecindad y de todos los alrededores. Muchos rumiantes tienen glándulas olfativas entre las pezuñas y las utilizan para marcar con olores sus desplazamientos. Los órganos olfativos de los ciervos y los antílopes están situados cerca de los ojos (fig. 4-9), las gamuzas los tienen entre la cornamenta, las martas en el ano y las ardillas de tierra americanas en la espalda. Para la mayoría de los animales carniceros emparentados con el perro, para los hipopótamos, osos y bisontes, la orina y las heces no sólo son excrementos de la digestión sino también señales para sus congéneres. Probablemente, también son de gran importancia para su pareja sexual.

Las señales olorosas y, en general, todo tipo de señal dirigida a la pareja son un peligro constante para el que las emite, pues denuncia su lugar de residencia y atrae con ello a sus enemigos. Por eso, muchos animales que disponen de glándulas olfativas conectan su "emisor de olores" sólo en períodos de tiempo muy breves y determinados. Éste es, por ejemplo, el caso de la mosca de la fruta, las cucarachas y el gorgojo del trigo, que difunden sus reclamos sólo durante unas pocas horas de la noche, mientras que durante el día desconectan sus glándulas olfativas para no delatarse al enemigo.

Con esta constatación dejamos el tema "reclamos sexuales químicos" y nos dedicaremos a continuación a las señales ópticas. Para los animales diurnos se trata de señales cromáticas, cambios de forma y movimientos; para los animales nocturnos, de luces, lámparas y destellos.

EL FARO INTERMITENTE DE LA LUCIÉRNAGA

Hace media hora que Buck, zoólogo americano, está sentado sobre el césped mirando fijamente a la oscuridad. En la mano derecha tiene una minúscula linterna y en la izquierda un cronómetro.

Exactamente a las 21 horas 40 minutos ve, apenas a diez metros de donde él está, el primer rayo luminoso y poco después el segundo, el tercero, el cuarto. Al encenderse la lucecita por tercera vez, Buck pone en marcha el cronómetro y lo para justo en el momento en que aparece el cuarto destello. Satisfecho mira el tiempo: exactamente 5,7 segundos. Dos veces más vuelve a controlar el tiempo entre dos destellos y cada vez el cronómetro señala 5,7 segundos.

Buck se prepara para su experimento. Levanta el brazo derecho y dirige la bombilla de su pequeña linterna hacia el lugar donde se balancea el intermitente centelleo; apoya el pulgar sobre el interruptor. Cuando vuelve a

aparecer la lucecita pone en marcha el cronómetro y después de justamente 2,1 segundos aprieta el interruptor, enviando un breve rayo de linterna hacia la noche. El punto luminoso, objeto de la observación, se desplaza claramente de un lado a otro, se enciende, se apaga, se enciende, se apaga. Y cada vez que esto ocurre, Buck contesta en el intervalo entre dos centelleos con un destello de la linterna. El puntito luminoso se acerca cada vez más. Se mueve apenas a un metro de distancia del suelo. Regularmente, Buck contesta 2,1 segundos después del centelleo.

A las 21 horas 47 minutos cae un pequeño insecto sobre la mano derecha de Buck, junto a la lintema encendida. Es una luciérnaga macho del tipo *Photinus pyralis*. "Ha caído en la trampa" de un hombre que, tras largas noches de observación, ha descifrado el sistema de señales entre macho y hembra de las luciérnagas tipo *Photinus pyralis*.

Con este experimento, Buck demostró que entre las luciérnagas la búsqueda y posterior encuentro de la pareja tiene lugar mediante un juego de preguntas y respuestas a base de centelleos. Casi en todo el mundo, pero especialmente en los trópicos, las luciérnagas hembra se sirven de signos luminosos para atraer a su pareja macho. De la misma forma que durante la noche es el alumbrado de aterrizaje el que en los aeropuertos indica al piloto la dirección que debe seguir y cuándo debe bajar el tren de aterrizaje, así también la luz despedida por la luciérnaga hembra posibilita al macho un "aterrizaje" de precisión.

También las hembras ápteras de nuestras luciérnagas atraen a los machos en las cálidas noches de verano con sus luces de aterrizaje. Trepan por las briznas de hierba o las ramas, curvan su abdomen hacia arriba sobre la cabeza y extienden hacia el cielo la zona inferior iluminada. Los machos efectúan un lento vuelo de búsqueda, se dirigen hacia el punto en que brilla la luz y, entonces, se dejan caer directamente sobre ella.

Resulta grandioso para el observador poder presenciar la señalización en masa de las pequeñas luciérnagas que habitan en la isla de Jamaica. En época de apareamiento se reúnen millares de ejemplares de esta especie en las palmeras florecidas y cada uno de ellos emite, incesantemente, un rayito de luz dos veces por segundo. Esta multiplicidad de destellos y centelleos, estos fantasmales fuegos fatuos de las palmeras han sido descritos por un exaltado biólogo como una "fiesta de farolillos de los mozos casaderos" para atraer a todas las "interesadas" en varias millas a la redonda a esta especie de "gigantesco mercado matrimonial".

La facultad que tienen las luciérnagas de emitir luz se llama bioluminiscencia*. Las hembras de nuestras luciérnagas locales tienen su fuente de luz en la parte inferior del último anillo abdominal. Al observar este último anillo abdominal con el microscopio, se pone de manifiesto que la luz procede de dos capas de células. En la capa exterior, que es transparente, se genera la luz y la capa interior, llena de cristales de sal, la refleja. Pero, ¿cómo se genera esta luz?

Hay dos glándulas, muy próximas la una a la otra, que contienen "combustibles" químicos. Al juntarse estas dos sustancias, reaccionan y se pone en marcha un proceso de oxidación, durante el cual se desprende energía en forma de luz. Al contrario de todas nuestras luces artificiales, que irradian gran parte de su energía en forma de calor, la luz viviente funciona de una forma más económica. Las luciérnagas apenas producen energía en forma de calor, sino que la transforman casi toda en luz. Por eso, es imposible para una persona calentarse los dedos con esta fría luz de las luciérnagas y, mucho menos, quemarse.

Nuestro conocimiento sobre el juego de luces y centelleos de los animales es tan defectuoso e incompleto

---

* *Bioluminiscencia:* luz producida por un ser vivo.

como en el caso del lenguaje de los olores. Sobre algunos de estos animales luminosos, como la luciérnaga, existen investigaciones con resultados precisos, a los que hemos de volver en el siguiente capítulo (fig. 3-2). Pero, por ejemplo, los múltiples juegos luminosos y los colores que el buceador se encuentra en las profundidades marinas siguen siendo, en la mayoría de los casos, un enigma.

VIENTRE ROJO Y BAILE EN ZIGZAG

Hay tres tipos de animales —peces, anfibios y reptiles— en los que es especialmente notorio el cambio del aspecto exterior durante la época de apareamiento. Los machos, que durante el año tienen el mismo aspecto que las hembras, en el período de reproducción llevan "trajes de gala o nupciales". En muchos casos se trata de colores luminosos con llamativos diseños y, ocasionalmente, se producen también cambios en la forma de la piel (lámina 2-7). Estos trajes de gala podrían estar al servicio de la función reproductora y tener su importancia de cara a la eventual pareja, y quizá también para los rivales. Esta sospecha será comprobada en un pez, el espinoso de tres espinas. Fuera del tiempo de freza se le puede encontrar en aguas marinas o salobres. De abril a junio se remonta río arriba hacia las aguas más dulces. Pero como también puede ser criado durante todo el año en acuarios de agua dulce, resulta un objeto ideal para nuestras investigaciones.

Pasa la mayor parte del año asociado en bandas, formando bancos de peces más o menos grandes. En esta época, su colorido es de un discreto gris verdoso. En primavera, los machos se separan de la comunidad y establecen un territorio que defienden violentamente contra otros machos de su misma especie. La parte más importante de este territorio la constituye un nido construido por el propietario de la zona con tallos de plantas y algas.

En este período de formación del territorio, el macho cambia de color ostensiblemente. La parte del vientre adquiere un color rojo luminoso, los ojos, azul celeste, y el dorso brilla con tonos entre blancos y azulados.

También las hembras, que se han quedado en el banco, sufren un cambio. El vientre está hinchado por los huevos y el cuerpo ha adquirido un brillo plateado.

Si un banco de hembras con estas características entra casualmente en el territorio de un macho, entonces éste nada hacia ellas haciendo unos peculiares movimientos en zigzag. Con la boca abierta, pone rumbo hacia una de las hembras dando una especie de salto hacia delante, luego se da media vuelta y se aleja de la hembra. Si ésta aún no está lista para el desove, responde al impetuoso intento de acercamiento con la huida, pero si lo está, se coloca en posición oblicua hacia arriba, "mostrándole" al macho el vientre hinchado. Éste la rodea, bailando alrededor de ella una danza frenética, y la conduce hasta el nido, donde tiene lugar la puesta y la inseminación de los huevos.

También en este caso surgen las preguntas: ¿Cómo hace la pareja para encontrarse? ¿De qué modo atraen los machos en celo hacia su territorio a las hembras ya preparadas para el desove?

Y una vez más hemos de buscar la respuesta a estas preguntas con la ayuda de algunos experimentos. Son tan sencillos que cualquiera que disponga de un acuario puede llevarlos a cabo. Lo que más llama la atención del observador es el cambio de color en el macho y sus movimientos espasmódicos. Por ello, insistiremos especialmente en su estudio. La pregunta inicial es: ¿Qué señales ópticas del macho —color, forma o movimiento— atraen a la hembra preparada para el desove?

El etólogo Tinbergen* fue uno de los primeros a quienes se les ocurrió realizar ésta y otras investigaciones similares valiéndose de señuelos*. Los señuelos de los espinosos son espinosos artificiales hechos con cartón-piedra fuerte de color blanco o también con una masa de plástico que es completamente impermeable al agua. Para poder guiar desde fuera los señuelos introducidos en el acuario se los sujeta a un alambre de unos treinta o cuarenta centímetros de longitud.

Con objeto de averiguar la importancia que tiene la forma del cuerpo del espinoso a la hora de atraer a la hembra, confeccionaremos dos señuelos diferentes: uno de ellos imitando lo más exactamente posible al natural y el otro burdo, que apenas deje adivinar la forma de un pez (fig. 2-2).

Igualmente, para conocer la función del color hemos de utilizar sólo dos señuelos: uno de ellos con el "traje de diario", o sea, con el colorido que es propio a los machos mientras permanecen en el grupo, y el otro con el pecho y el vientre pintados de rojo.

Finalmente se presenta a la hembra las distintas maquetas, diferentes en color y forma, una vez en estado de reposo y otra moviéndolas en zigzag con ayuda del alambre.

Por supuesto, este escaso número de señuelos supone una simplificación y reducción considerables. En realidad, Tinbergen experimentó con numerosos señuelos de las más diferentes formas, colores y movimientos para examinar, por ejemplo, la importancia de los ojos azules y algunas otras cosas.

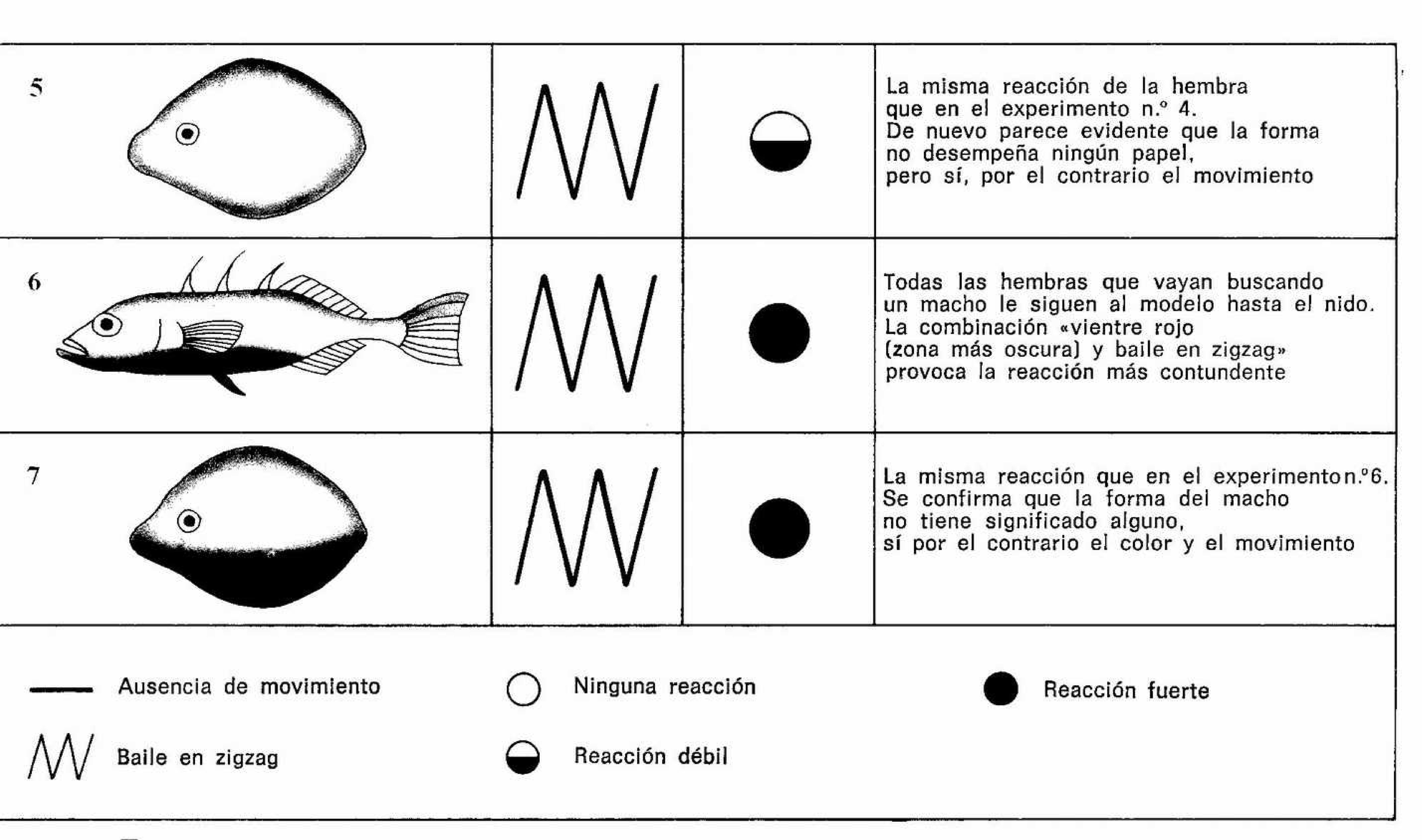
En las páginas 34-35 se encuentra un cuadro donde están representados siete experimentos posibles con distintos señuelos; antes de seguir adelante examinaremos estos datos.

---

* Niko Tinbergen nace en 1907 en La Haya. Etólogo y premio Nobel (1973). Catedrático en la Universidad de Oxford (Inglaterra). Los datos referentes a sus investigaciones sobre los espinosos se pueden ver en sus libros *Instinktlehre* y *Tiere untereinander*.

* *Señuelos:* imitaciones de congéneres en las que se ha modificado el parecido con determinadas variaciones.

Modelos de machos con colores y formas distintos que son ofrecidos a la hembra	Movimientos de los modelos	Reacción de la hembra ante los modelos	Explicación de los resultados del experimento
1	—	○	La hembra no muestra ningún tipo de reacción ante el modelo
2	—	◒	Sólo las hembras con un alto grado de disposición al apareamiento siguen al modelo del macho. El color rojo (zona más oscura) parece ser significativo
3	—	◒	La misma reacción de la hembra que en el experimento n.° 2. La forma no parece desempeñar ningún papel
4	/\/\/	◒	Sólo las hembras con un alto grado de disposición al apareamiento siguen al modelo del macho. El movimiento parece ser significativo



5	/\/\/	◒	La misma reacción de la hembra que en el experimento n.° 4. De nuevo parece evidente que la forma no desempeña ningún papel, pero sí, por el contrario el movimiento
6	/\/\/	●	Todas las hembras que vayan buscando un macho le siguen al modelo hasta el nido. La combinación «vientre rojo (zona más oscura) y baile en zigzag» provoca la reacción más contundente
7	/\/\/	●	La misma reacción que en el experimento n.°6. Se confirma que la forma del macho no tiene significado alguno, sí por el contrario el color y el movimiento

— Ausencia de movimiento　　○ Ninguna reacción　　● Reacción fuerte

/\/\/ Baile en zigzag　　◒ Reacción débil

Fig. 2-2

Las reacciones de las hembras ante los señuelos —diferentes por el color, la forma y el movimiento— nos llevan a pensar que el mayor poder de atracción reside en los machos de vientre rojo que se mueven en zig zag. Así pues, la forma del macho, como se ha visto en el experimento, no tiene importancia.

Esto demuestra que el espinoso en traje de fiesta es muy importante para la hembra. De esta forma le ayuda a encontrar un macho para la cópula. El movimiento en zigzag y el vientre rojo desempeñan un papel muy importante.

Con esta serie de experimentos hemos descubierto dos señales diferentes y hemos puesto de manifiesto sus efectos. Pero nada más. Queda abierta la cuestión de si ejercen alguna influencia en el apareamiento, por ejemplo, la temperatura del agua, el grado de claridad, la estructura del territorio y otras señales ópticas o incluso acústicas.

Al principio del proceso de apareamiento los espinosos macho salen al encuentro de la hembra hasta la frontera del territorio. Por lo tanto, también los machos tienen que ser capaces de distinguir a las hembras de su misma especie dispuestas para el desove de los demás peces de otras especies que atraviesan el territorio. ¿Qué señales acústicas u ópticas de la hembra tienen efecto sobre el macho?

El espinoso macho se orienta también mediante dos señales: la forma del cuerpo y un determinado movimiento —la adopción de una postura oblicua. Sólo presta atención a la hembra cuyo vientre está hinchado por los huevos y que coloca su cuerpo en una marcada pendiente hacia arriba en relación con la cola. Si ella se presenta en esta posición oblicua, él la invita con su frenética danza en zigzag a seguirle hasta el nido. También estos hechos se pueden demostrar de forma relativamente fácil con la ayuda de señuelos.

EL GLOBO SEÑALIZADOR DEL RABIHORCADO

Tan sólo en un reducido número de especies animales se ha conseguido demostrar, convincentemente, el poder de atracción de los colores, formas y movimientos. Las aves, que junto a las mariposas y los peces son quizá las especies animales de mayor colorido, utilizan con toda seguridad las señales ópticas para atraer a su pareja. Sin embargo, no hay que olvidar que en su caso es más difícil que en otros animales averiguar si lo que reúne a las parejas son algunos colores aislados del plumaje o sólo los contrastes entre ellos, o los movimientos, o una combinación de colorido, movimiento, chillidos y cantos.

Los machos del rabihorcado, que habita en las aguas costeras tropicales y subtropicales, desarrollan en la época de cortejo una protuberancia roja en la garganta. Su tono rojo chillón se destaca con gran boato sobre el oscuro plumaje (lámina 2-7). En cuanto han conseguido ocupar uno de los nidos de la colonia despliegan las alas e hinchan el globo señalizador ante las hembras, que vuelan en el cielo trazando círculos. Si, finalmente, se deciden a acercarse, los machos empiezan a producir un ruido discordante con el pico y las alas en medio de una gran algarabía. Al mismo tiempo, agitan la cabeza rápidamente a izquierda y derecha. Y además entonan un canto (para el oído humano no precisamente sublime) que suena algo así como "kiu kiu kiu yu yu jujujuju trr trr trr".

Aunque Eibl-Eibesfeldt*, eminente etólogo, ha estudiado durante mucho tiempo e intensivamente el apareamiento de los rabihorcados en las islas Galápagos —observándolos, describiéndolos y fotografiándolos—, la ver-

* Irenäus Eibl-Eibesfeldt nace en 1928 en Viena. Discípulo de Konrad Lorenz y catedrático de etología humana en el Instituto Max Planck de Etología en Seewiesen/Obb. En su libro *Galápagos* nos informa de sus observaciones sobre el rabihorcado.

dad es que todavía no sabemos qué señales del macho tienen un mayor poder de atracción sobre el círculo de hembras. Es seguro el efecto del globo rojo, probablemente también el de las alas desplegadas y los vehementes movimientos de pico y alas, quizá también el del rechinar y el traqueteo y posiblemente el del canto de los machos en su estremecedora belleza. Pero tampoco se puede excluir la posibilidad de que sea la totalidad de señales ópticas y acústicas de los machos lo que atrae a las hembras.

Examinar las reacciones de los espinosos con señuelos es relativamente fácil, pero, ¿cómo se puede experimentar con señuelos con una ave que vive y anida lejos de la civilización, en unas islas perdidas, en terrenos poco concurridos y que, además, no ha podido ser criada hasta ahora en ningún zoológico del mundo?

Con esto abandonaremos el tema de las "señales ópticas". A la luciérnaga, el espinoso y el rabihorcado se unirán en los capítulos siguientes otros ejemplos que demostrarán suficientemente la importancia de colores, formas y movimientos para atraer a la pareja*.

En último lugar, nos ocuparemos también de las señales acústicas, las llamadas y los cantos de los animales y algún que otro extraño ruido o sonido de procedencia animal.

CANTO DE SEDUCCIÓN CON ALTAVOCES

Escondido en las profundidades del césped, hace horas que no cesa de cantar un grillo común macho. Se sienta ante el agujero que le sirve de vivienda con las alas ligeramente desplegadas y se dedica a frotar incesante-

* Véase el capítulo 4: cortejo del caballito del diablo, el coto, el ánade real y la gacela Thomson.

mente las veteadas alas anteriores una contra otra para originar así su monótono chirrido.

Si se observa el "instrumento musical" del grillo más de cerca, se descubre que en cada una de las alas anteriores hay una venilla que se ha curvado como un listón, y junto a ésta hay otra venilla levantada y dentada como una lima. Lo normal es que los grillos machos toquen este peculiar violín suyo frotando el ala derecha sobre la de la izquierda. Como amplificador de sonido funciona una membrana lisa, que al empezar el concierto se pone a vibrar. El instrumento funciona, en principio, como un peine cuyas púas se frotasen repetidamente contra el borde de una regla.

Aparte de los grillos, hay un gran número de insectos que producen sonidos mediante el frotamiento mecánico de determinadas partes del cuerpo (estridulación*). La forma de producir el sonido es parecida en todos ellos. Casi siempre se trata de superficies o listones vibrátiles provistas de salientes, dientes o protuberancias que son frotados contra un borde igualmente vibrátil. La diferencia es que, mientras unos llevan a cabo esta estridulación con los órganos de la boca o las antenas, hay otros que frotan las placas del tórax entre sí y otros, finalmente, que utilizan para ello las alas delanteras, las traseras o las patas.

Pero volvamos ahora a nuestro grillo macho. Durante el verano canta tenazmente, sentado al borde de su madriguera, desde las nueve de la mañana hasta las dos de la madrugada. ¿Qué sentido y finalidad tiene este chirrido continuo que para nosotros a menudo resulta tan irritante?

Si ponemos sobre el césped una hembra en celo a unos diez metros del macho cantor, podremos observar cómo, tras muy poco tiempo, la hembra se orienta en di-

* Los *órganos de estridulación* son los aparatos con que los insectos producen sus chirridos.

rección al macho. Al principio se mueve algo insegura, pero luego, cada vez con más precisión, se dirige en línea recta hacia el músico. En cuanto lo ha alcanzado, él interrumpe el canto durante unos minutos. Los dos se palpan con las antenas. Entonces, él se da la vuelta, se aparta algunos pasos de la hembra y empieza otra vez con su chirrido, pero esta vez mucho más bajo de volumen y en un tono muchísimo más agudo. Algunos minutos después monta la hembra sobre la espalda del macho y empieza el complicado apareamiento.

Pero, para estar totalmente seguros de que realmente es tan sólo el chirrido del macho lo que atrae a la hembra y no, por ejemplo, olores o cualquier otro tipo de señal, hay que crear una situación que nos permita conclusiones totalmente inequívocas.

El procedimiento más sencillo y asequible es grabar el canto del macho en una cinta magnetofónica y ponérselo en su madriguera con altavoces, a las hembras en celo. Se comprobará que todos los ejemplares reaccionan igual ante el chirrido de los altavoces. Las hembras se orientan hacia el altavoz, se acercan a él e incluso intentan introducirse en la caja. Éste es un resultado claro que demuestra que la atracción de la hembra tiene lugar por procedimientos acústicos.

Pero, ¿dónde tienen localizados los grillos hembra los órganos auditivos? Se encuentran en una parte del cuerpo que para nosotros, los seres humanos, resulta extremadamente atípica: las patas delanteras.

No sólo el grillo, sino también muchos saltamontes, chinches de agua, mosquitos y escarabajos atraen a sus parejas con diversos ruidos y sonidos. La importancia de los sonidos en otras especies de insectos es todavía desconocida. Incluso de las cigarras cantoras, con toda seguridad los más escandalosos insectos sonoros, sólo se conoce una observación que permita concluir que la emisión de sonidos está al servicio de la reproducción. El aparato sonoro de este grupo de insectos —diversificado en

numerosas especies tropicales y subtropicales— es muy complicado y se desvía por completo de los órganos de estridulación habituales en los demás insectos.

Las cigarras cantoras tienen en la parte inferior del abdomen cuatro ahondamientos en forma de cuencos, cubiertos cada uno de ellos por una membrana tensa. En la parte interior de cada membrana hay un poderoso músculo que, al contraerse, hace que la membrana se repliegue; por el contrario, al relajarse el músculo la membrana vuelve a la posición inicial y al hacerlo produce un ligero "clic". Esta especie de tambor de la cigarra cantora funciona como una lata de conservas cuya tapa (la membrana), al ser presionada con el dedo, produce un "clic" y al volver a la posición inicial hace "clac". Y del mismo modo que, en el caso de la lata, la propia lata sirve de caja de resonancia y aumenta el volumen del sonido, también la cigarra cantora tiene sus cajas de resonancia. Se trata de una especie de bolsa de aire que ocupa casi todo el abdomen del macho cantarín.

Las cigarras contraen y relajan sus músculos sonoros a gran velocidad, hasta cuatrocientas veces por segundo. El resultado es un sonido continuo, chirriante y que se difunde a larga distancia.

El que algunos insectos no estén provistos de órganos de estridulación o cualquier otro instrumental, no quiere decir que sean mudos. Por ejemplo, el saltamontes verde de encina vive en la parte superior de las copas de los árboles caducifolios y patalea con su pata trasera sobre las hojas o las cortezas produciendo así su fino redoble. La carcoma —llamada de forma inadecuada "gusano de la madera" porque la presencia de su larva se hace impopularmente notable en los muebles viejos— golpea con la frente al suelo de su galería, aproximadamente, cinco veces por segundo y consigue así un rápido castañeteo. No es seguro, sin embargo, si la pareja oye el ruido de estos golpes o lo que la atrae es sólo el "terremoto" producido por ellos.

LAS LLAMADAS Y LOS CANTOS DE LAS AVES

Mucho más accesibles y musicales para el oído humano que los sonidos producidos por los insectos son las llamadas y los cantos de las aves. En el primer capítulo hemos comprobado que los petirrojos se sirven del canto para marcar las fronteras de su territorio y anunciárselo así a sus congéneres. Pero al observar las gráficas de canto de los petirrojos machos y hembras se ve claramente que el canto del petirrojo macho tiene otra función además de la de marcar los límites de su territorio.

Desde finales de julio hasta finales de agosto, la época en que cambian de plumaje (muda), tanto el macho como la hembra permanecen mudos. A principios de otoño aumenta ostensiblemente la actividad cantora de los dos sexos, que por ahora viven en territorios separados. En noviembre y diciembre, cuando los territorios ya están asegurados, la frecuencia de los conciertos desciende no menos ostensiblemente. Al empezar la primera fase de formación de la pareja, la búsqueda de compañero, la curva del macho asciende casi verticalmente mientras la hembra sigue cantando cada vez con menos frecuencia. Cuando los dos se han encontrado, el macho prácticamente cesa de cantar por algún tiempo, pero en cuanto la construcción del nido ha acabado, la puesta ha tenido lugar y la hembra se dedica por completo a incubar los huevos, el canto del macho vuelve a aumentar y se mantiene ya hasta bien entrado junio. Cuando acaba la época de incubación se va oyendo a los petirrojos cada vez menos hasta que al final enmudecen casi por completo.

De las dos gráficas se puede deducir sin dificultad y con toda seguridad que el canto del petirrojo cumple dos funciones principales. Por una parte sirve, tanto a machos como a hembras para marcar sus respectivos territorios y, por la otra, los machos lo utilizan en invierno para atraer a las hembras que aún no se han apareado. En primavera

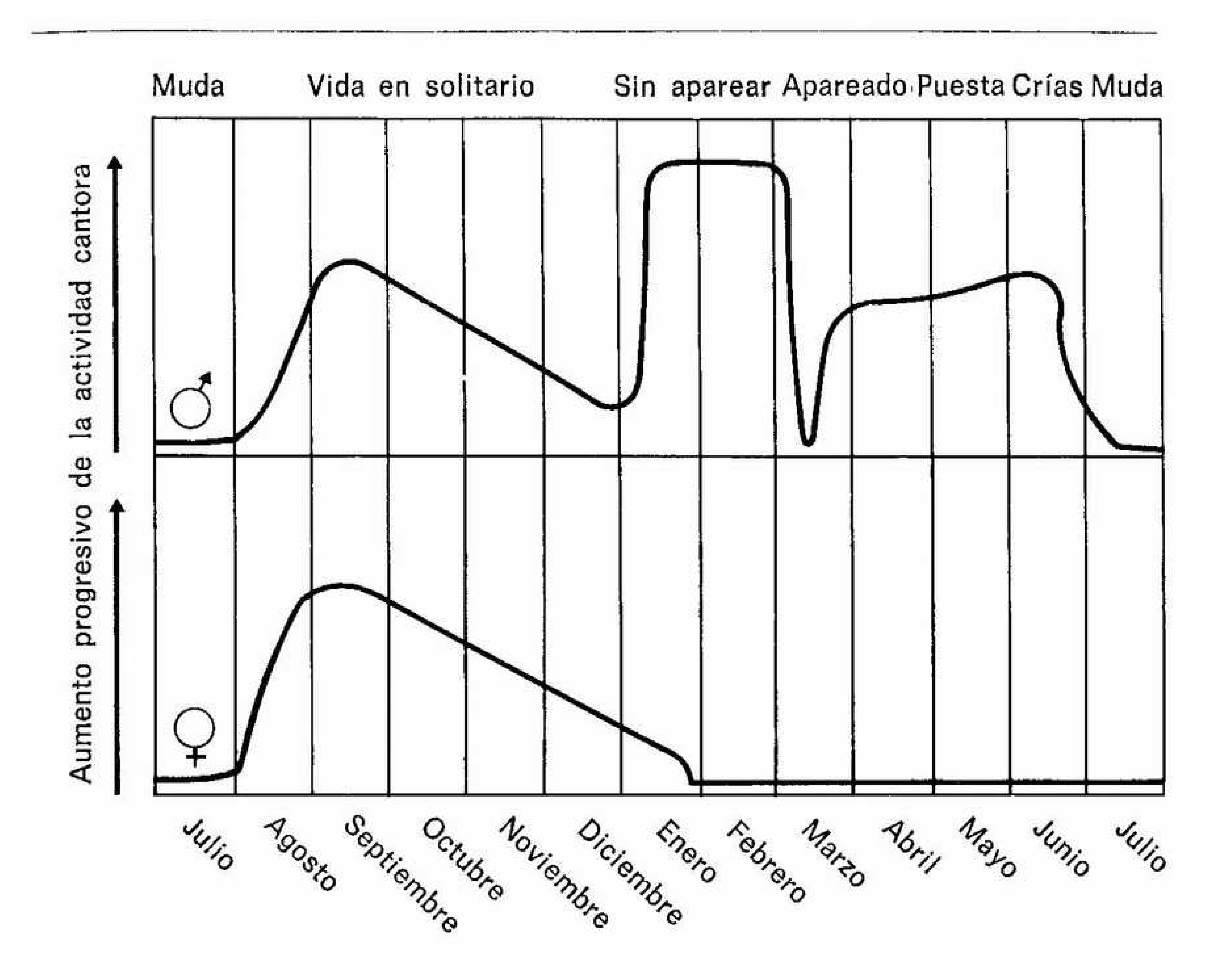


Fig. 2-3. Cambios en el comportamiento del petirrojo durante el año.

y verano, la época en que los dos viven en un mismo territorio, se puede decir que el canto del macho vuelve a estar primordialmente al servicio de la demarcación territorial.

Como en el caso de los grillos, también la función atractiva del canto de las aves se puede demostrar sin lugar a dudas con un experimento. Si en primavera ponemos en las cercanías de petirrojos hembra todavía sin aparear una cinta magnetofónica con el canto de un macho, las hembras se dirigen sin vacilar hacia los altavoces.

La atracción de la pareja mediante procedimientos acústicos es especialmente importante para aquellas especies orníticas que viven en territorios grandes y extensos o

para aquéllas que sólo desarrollan su actividad por la noche. Posibilitar a la hembra el encuentro con el macho y mostrarle el camino hacia él es la función principal del redoble del pájaro carpintero, del peculiar chirrido del chotacabras, de los varios tipos de llamadas de las lechuzas —subrayadas a veces por un ruidoso batir de alas— y del conocido canto de los ruiseñores machos.

PECES QUE REDOBLAN, GRAZNAN, CHILLAN Y SILBAN

Los últimos treinta años de progreso científico nos han procurado la convicción de que hay muchos, muchísimos más animales que emiten señales sonoras de los que durante siglos se había pensado. La causa de esto es la imperfección o, mejor dicho, la limitación en potencia del oído humano.

Nuestro sentido del oído sólo puede percibir sonidos de una determinada frecuencia, a saber, entre dieciséis y, como máximo, veintiún mil hertzios*. El escarabajo pelotero, conocido para muchos como un escarabajo diligente pero silencioso, emite señales de cuarenta mil hertzios. Muchas mariposas nocturnas producen ondas sonoras entre cien mil y ciento setenta y cinco mil hertzios, pero nosotros no las oímos. Sólo desde que los instrumentos técnicos hacen audibles para el oído humano estos ultrasonidos sabemos que nuestro medio ambiente está lleno de ruidos que nosotros no percibimos.

En el agua existen unas condiciones sonoras distintas a las del aire. También en este medio nuestro receptor natural, el oído, resulta casi inútil. Los sonidos producidos dentro del agua no pueden penetrar en el oído del observador sentado en la orilla porque la inmensa mayoría de

* *Hertzios* (Hz): número de vibraciones por segundo.

los sonidos subacuáticos son reflejados por la superficie y permanecen, por lo tanto, "atrapados" en el agua. Por eso desde tierra no podemos concebir que los ríos, los lagos y los mares estén plagados de sonidos animales. El desarrollo técnico del hidrófono, una especie de micrófono subacuático, nos permite oír lo que ocurre en el agua. Y así nos enteramos que la proverbial mudez de los peces está muy lejos de ser real.

Los machos en celo del *Aplodinotus grunniensis* norteamericano, perteneciente a la familia de los acantopterigios, se reúnen en bancos en el mes de mayo y emiten un curioso redoble que atrae a las hembras en celo a manadas. Los machos producen unos rápidos golpes sonoros, cuya resonancia se extingue casi de inmediato, por medio de las vejigas natatorias, sobre las que se encuentran tensados unos tendones. Al contraerse los músculos situados a los lados de la vejiga natatoria, los tendones se acercan uno a otro y chocan sobre la vejiga, que al mismo tiempo sirve también de caja de resonancia. Estos chasquidos subacuáticos, registrados por el hidrófono, se oyen por los altavoces de escucha como un profundo zumbido.

El *Opsanustau* —de veinticinco centímetros de largo— en época de apareamiento emite cada treinta segundos un sonido como el de una sirena de niebla. Los caballitos de mar macho producen sonidos, como un "clic", cada vez que una hembra se acerca. Y el *Porychthis* silba regularmente a su pareja al pasar.

Con toda seguridad son muy pocas las especies de peces absolutamente mudas. La mayoría de ellas utilizan la vejiga natatoria como caja de resonancia y sobre ella golpean o frotan tendones y huesos. El *Balistes*, el pez luna y el *Holocentrus* frotan los dientecillos de la faringe uno contra otro produciendo así crujidos y chillidos.

Sobre la importancia que tienen todas estas manifestaciones sonoras de los peces se sabe muy poco. Son necesarias investigaciones muy numerosas y, en parte, muy costosas si queremos saber más y con mayor exactitud so-

bre el redoble, el chillido, el silbido y el trompeteo de los peces.

EMISOR-SEÑALES-RECEPTOR

Todas nuestras observaciones e investigaciones sobre las mariposas nocturnas, las luciérnagas, los espinosos, los grillos y otras especies animales han demostrado con claridad que el encuentro en la época de apareamiento de macho y hembra de la misma especie no es fruto de la casualidad. Uno de los dos se pone en camino para buscar al otro. En esta búsqueda los papeles están repartidos entre macho y hembra. La parte pasiva, la que espera, produce señales —como los machos de los sapos y de las ranas (lámina 2-13)— para facilitar al otro la orientación y el encuentro. Por lo tanto, necesita disponer de equipos de emisión de los que partan las señales. La otra parte, la activa y la que busca, necesita un equipo de recepción adecuado, órganos sensoriales con los que pueda captar las señales. En el transcurso del desarrollo histórico de las distintas especies de seres vivos (evolución*) se han ido formando en los animales diferentes órganos de emisión y, de igual manera, diferentes órganos sensoriales para la recepción de señales.

Las señales químicas son emitidas por glándulas olfativas que se pueden encontrar por todas partes en el cuerpo de un animal. Los receptores de estas señales químicas son los órganos sensoriales del olfato y el gusto, los cuales en modo alguno se encuentran, como en el hombre, limitados a la boca y la nariz, sino que en los animales están a menudo localizados en las partes del cuerpo más insospechadas. Los peces perciben la sensación del gusto a través de la piel, los insectos, a través de las puntas de las patas. Las serpientes tienen unos "orificios nasales" suplementarios en el paladar y los órganos olfativos de los insectos están situados en las móviles antenas.

* Una breve explicación del concepto "evolución" se encuentra en la nota al pie de la página 60.

Las señales ópticas, que se producen mediante órganos luminosos, mediante el colorido del cuerpo o mediante la forma o el movimiento de los animales, son captadas por los diversos órganos sensoriales del animal que responden a los estímulos luminosos; la mayoría de las veces se trata de los ojos, situados en la cabeza.

Las señales acústicas son producidas por cuerdas vocales, órganos de estridulación y otros instrumentos capaces de vibrar, y adoptan la forma de ondas sonoras que son captadas por los órganos auditivos. El ejemplo del grillo ya demostró que estos órganos auditivos no tienen que estar necesariamente en la cabeza, como nos ocurre a los seres humanos.

Las señales, de cualquier clase que sean, adquieren un valor informativo cuando son no sólo captadas, sino también entendidas. Es decir, además de los órganos sensoriales que reciben las señales, los animales necesitan una oficina central, un órgano que filtre la multiplicidad de señales recibidas, las examine, las compare con informaciones previamente almacenadas y, finalmente, decida si las señales captadas tienen algún significado y cuál es éste. Este centro de datos es denominado cerebro en el caso de los animales superiores y está en comunicación con los órganos sensoriales mediante redes de nervios. El cerebro, que examina todas las señales recibidas, determina también la respuesta, la reacción ante las señales, por ejemplo, movimientos en dirección hacia la pareja y el resto del comportamiento respecto a ella*.

* En el contexto de nuestra investigación no nos es posible detenemos en la potencia de los órganos sensoriales de los animales ni en la filtración y elaboración de los estímulos llevada a cabo por el cerebro. Los lectores interesados en el tema pueden consultar el libro de D. Burkhardt. *Signale in der Tierwelt* o el de V. Dröscher. *Magie der Sinne im Tierreich*.

Las señales químicas, y nos referimos sobre todo a los olores, se extienden muy lentamente, pero, en compensación, su efecto se mantiene a lo largo de muchos kilómetros, siempre, claro está, que el receptor tenga un sentido del olfato hipersensible, como ocurre, por ejemplo, con las mariposas nocturnas. Ni la oscuridad ni los obstáculos del terreno merman la efectividad de los olores. Marcas olfativas ya fijadas en un lugar se mantienen a menudo durante días y, por lo tanto, no sólo tienen un efecto a larga distancia sino también a través de un extendido período de tiempo. Este efecto temporal puede tener también consecuencias peligrosas porque con ello, igualmente, se pone sobre aviso a los enemigos por largo tiempo. El mayor inconveniente de las señales químicas es su indefensión contra los movimientos del aire. No tiene más que aparecer un viento débil pero racheado para dispersar el olor y que sea casi imposible encontrar a su emisor. Por ello, cuando hay mucho viento, las mariposas nocturnas renuncian a sus vuelos de reconocimiento. Además, es totalmente seguro que los animales no se comunican con señales químicas mensajes tan múltiples y diferenciados como, por ejemplo, con las señales ópticas y acústicas.

Las señales acústicas*, es decir, todo tipo de ruidos, sonidos y melodías, tienen una gran importancia para los animales nocturnos, así como para aquellos que habitan en la espesa selva virgen tropical. El sonido atraviesa la oscuridad y la espesura de las plantas de forma rápida y cómoda y después de algunos segundos ha desaparecido totalmente; no deja, por lo tanto, ninguna huella. Esto, por supuesto, es ventajoso cuando de lo que se trata es de no tener que delatar la propia presencia al enemigo, pero también tiene sus inconvenientes. Los mensajes acústicos

* G. Tembrock es el autor de una obra de conjunto sobre este tema titulada *Tierstimmen*.

tienen una vida breve, a menudo son difíciles de localizar y no pueden, al contrario que los olores, quedar fijados como información para el congénere. Según esto, las señales acústicas tienen, como los olores, un efecto a distancia pero, al contrario que éstos, su efecto tiene una corta duración en el tiempo. Por otra parte, los sonidos son susceptibles de múltiples variaciones según la altura del tono, el volumen y el ritmo. Esto permite a los animales comunicarse mensajes muy diferenciados, "conversar" entre sí. El ser humano maneja el sistema acústico de señales con un alto grado de perfección.

Las señales ópticas, como colores, formas y movimientos, sólo adquieren un valor durante el día y en un terreno de amplia visibilidad. Únicamente en estas circunstancias pueden ser percibidas y, llegado el caso, contestadas. Por eso, son principalmente los animales con actividad diurna y que viven en campo abierto quienes se sirven de señales ópticas. Una ventaja específica de las señales ópticas es la fácil localización por parte del receptor; por el contrario, supone una cierta desventaja el hecho de que la mayoría de las veces sólo son efectivas en un ámbito reducido. De forma parecida a las señales acústicas, los mensajes ópticos admiten múltiples variaciones, de forma que se hace posible una complicada "conversación" entre la pareja. Los animales superiores, sobre todo los monos, utilizan preferentemente las señales ópticas.

Al compararlos, los tres sistemas de señales muestran ventajas y desventajas. Por ello, muchas especies animales utilizan, de acuerdo con cada situación unas veces señales químicas y otras veces acústicas y ópticas. Junto a los tres tipos de señales de que se ha hablado hay aún otros. Por ejemplo, en el mundo animal las señales táctiles desempeñan un gran papel, aunque ciertamente no en el contexto relacionado con nuestra pregunta acerca de cómo buscan y encuentran los animales a su pareja. El tacto presupone una cercanía física y la cercanía física sólo es posible cuando la búsqueda y el encuentro de la

pareja ya han tenido lugar. Por eso, las señales táctiles se emplean sobre todo para reconocer a la pareja; pero de esto ya nos ocuparemos más detalladamente en el próximo capítulo.

III. EN QUÉ SE RECONOCEN

Durante la búsqueda de su pareja los animales se encuentran con muchas otras especies animales parecidas o cercanamente emparentadas con la suya. El observador no puede por menos que quedar admirado y fascinado ante la increíble seguridad, semejante a la de un sonámbulo, con que no sólo se encuentran los animales de la misma especie sino con que, incluso entre sus congéneres reconocen a la pareja distinguiéndola del rival. Esta seguridad en el reconocimiento es una condición esencial para que el apareamiento tenga lugar sólo entre animales de la misma especie y no se produzcan mezclas y cruces entre las especies animales más distintas.

Según la estimación de los especialistas, los insectos producen más de medio millón de olores diferentes, cuya función principal es la de atraer a la pareja. La mayoría de estos olores nosotros no los olemos en absoluto: nuestra nariz no los percibe. Del enorme número de feromonas sexuales existentes sólo unas pocas alcanzan también nuestro umbral olfativo y nos huelen, por ejemplo, a vainilla, caramelo, chocolate, almizcle, frutas, flores y hierbas. Si uno considera a qué enormes distancias los machos de algunas mariposas nocturnas encuentran y reconocen a su hembra por el olor, debe uno preguntarse:

¿cómo es que estas mariposas macho no se vuelven totalmente locas cuando en una tibia noche de verano caen sobre su órgano olfativo, las antenas, miles de olores diferentes?

OLORES SIN EFECTO

Junto a la abeja, productora de miel, el gusano de seda es el único insecto que el ser humano ha domesticado*. Y así como en la abeja es preponderantemente la miel lo que interesa al hombre, en el gusano de seda es el capullo de su crisálida: de él se obtiene la seda natural. Al cabo de miles de años de cría continua, esta mariposa asiática ha perdido su capacidad de vuelo casi por completo. Sólo le quedan, en lugar de las alas grandes muñones. Por lo tanto, los machos ya no pueden reaccionar ante el olor de la hembra con un vuelo precisamente dirigido, sino sólo con un excitado zumbido dirigido hacia la hembra y producido por estos muñones de ala.

Pongamos ahora en el laboratorio, sobre una mesa, a una hembra de mariposa de la seda recién salida del capullo y con los saquitos olorosos desplegados; después, esparzamos por la habitación varios perfumes, esencias de frutas, naftalina, y, finalmente, adornemos el conjunto con el olor a huevos podridos del sulfuro de carbono, consiguiendo así flujos de aromas y hedores que para nosotros constituyen una mezcolanza indescriptible. Si traemos a esta ensaladera de olores varias mariposas de la seda machos y los soltamos, veremos cómo al poco tiempo producen el típico zumbido con las alas. Lentamente, pero con determinación, se abren camino hacia la hembra que está en la mesa. Ni siquiera los flujos de olores más intensos logran desviarlos de su camino. Es evidente que, de los muchos olores diferentes, su olfato selecciona el olor producido por la hembra. ¿O acaso tiene también importancia en esta especie de mariposa el sentido de la vista?

* El gusano de seda (originario del sur y el este de Asia) fabrica para su metamorfosis un capullo que consta de un solo hilo de seda cuya longitud varía entre mil y cuatro mil metros.

Si amputamos a la hembra los saquitos olorosos y los sujetamos al abdomen de una enorme hembra de Atlas, los machos pasan zumbando junto a la mariposa hembra operada sin percibir su presencia y se acercan al Atlas hembra. ¡E incluso intentan el apareamiento con esta hembra de especie distinta, que es casi veinte veces mayor que ellos!

Por lo tanto, en el apareamiento de la mariposa de la seda no desempeñan ningún papel ni el tamaño ni la forma ni los colores ni los dibujos de las alas. Las señales ópticas no tienen ningún significado para el macho aunque podemos estar casi seguros de que sus ojos son perfectamente capaces de percibirlas. El olor es lo único importante. Para el macho es el único indicador del camino y la única contraseña en el reconocimiento. Pero, ¿cómo puede el macho distinguir los diferentes olores? ¿Cómo reconoce el de su propia especie?

ESCUCHAS EN LA RADIOCOMUNICACIÓN ENTRE EL RECEPTOR Y LA CENTRAL

Todo órgano sensorial —ya sea el de la vista, el del oído, el del olfato o el del tacto— está conectado con el cerebro mediante fibras nerviosas. Los estímulos que el órgano sensorial capta se hacen notar en el cerebro en forma de impulsos eléctricos transmitidos por las fibras nerviosas. Si se lograse poner al descubierto una de estas fibras nerviosas y derivar de ella un hilo de escucha, entonces también debería ser posible, en principio, espiar las comunicaciones que van del receptor a la central. Lo necesario para montar una instalación de este tipo son unos finísimos microelectrodos, un amplificador adecuado y un

oscilógrafo* que registre los impulsos. Todo esto parece relativamente fácil, pero oculta tras de sí varias dificultades técnicas. La delgada antena de la mariposa sólo tiene 0,25 milímetros de diámetro. Sin embargo, treinta y cinco mil fibras nerviosas unen las células olfativas de la antena con el cerebro, recorriendo toda la antena. Alrededor de cinco mil fibras transmiten otros mensajes, por ejemplo, estímulos táctiles. Por lo tanto, hay que poner al descubierto y derivar una de las treinta y cinco mil fibras arriba citadas si queremos oír lo que una antena estimulada con olores transmite al cerebro.

Volvamos de nuevo al experimento con las mariposas machos de antes. Nos habíamos admirado de que pusiese rumbo hacia su hembra con tanto tino a pesar de la multitud de aromas y olores desorientadores. Ahora derivemos una fibra nerviosa olfativa y estimulemos la antena con cualquier olor imaginable, por ejemplo con gipluro la sustancia de·atracción sexual producida por la lagarta peluda hembra; el resultado es siempre el mismo: silencio absoluto en el transmisor.

Pero, tan pronto como cae bombicol —la sustancia de atracción de la mariposa hembra— sobre la antena, empiezan a recorrer la línea grandes descargas de impulsos. Sólo cuando el bombicol estimula el órgano olfativo chisporrotean las andanadas de impulsos hacia el cerebro. Lo que significa que el gipluro y otros olores no suponen ningún estímulo para la mariposa macho; que ni siquiera son percibidos por él. La mariposa macho sólo puede oler el bombicol. Por eso, los demás olores no le desorientan ni le desvían. Esta limitación del sentido del olfato a un único estímulo olfativo es muy radical y también poco frecuente en las mariposas. Pero si uno se familiariza con los hábitos vitales de la mariposa de la seda, comprende fácilmente el motivo de esta especialización. Después de salir del capullo de la crisálida el macho sólo vive para llevar a cabo una única tarea: encontrar una hembra y aparearse con ella. En su corta vida como mariposa no come nada

* *Oscilógrafo:* aparato que registra los procesos vibratorios mecánicos o eléctricos que se producen a gran velocidad. De forma parecida a como las vibraciones sonoras se transforman en el micrófono, el oscilógrafo transforma las vibraciones mecánicas en variaciones de la tensión eléctrica y las registra sobre el papel. Los oscilogramas de los cantos de saltamontes se pueden ver en la figura 3-3

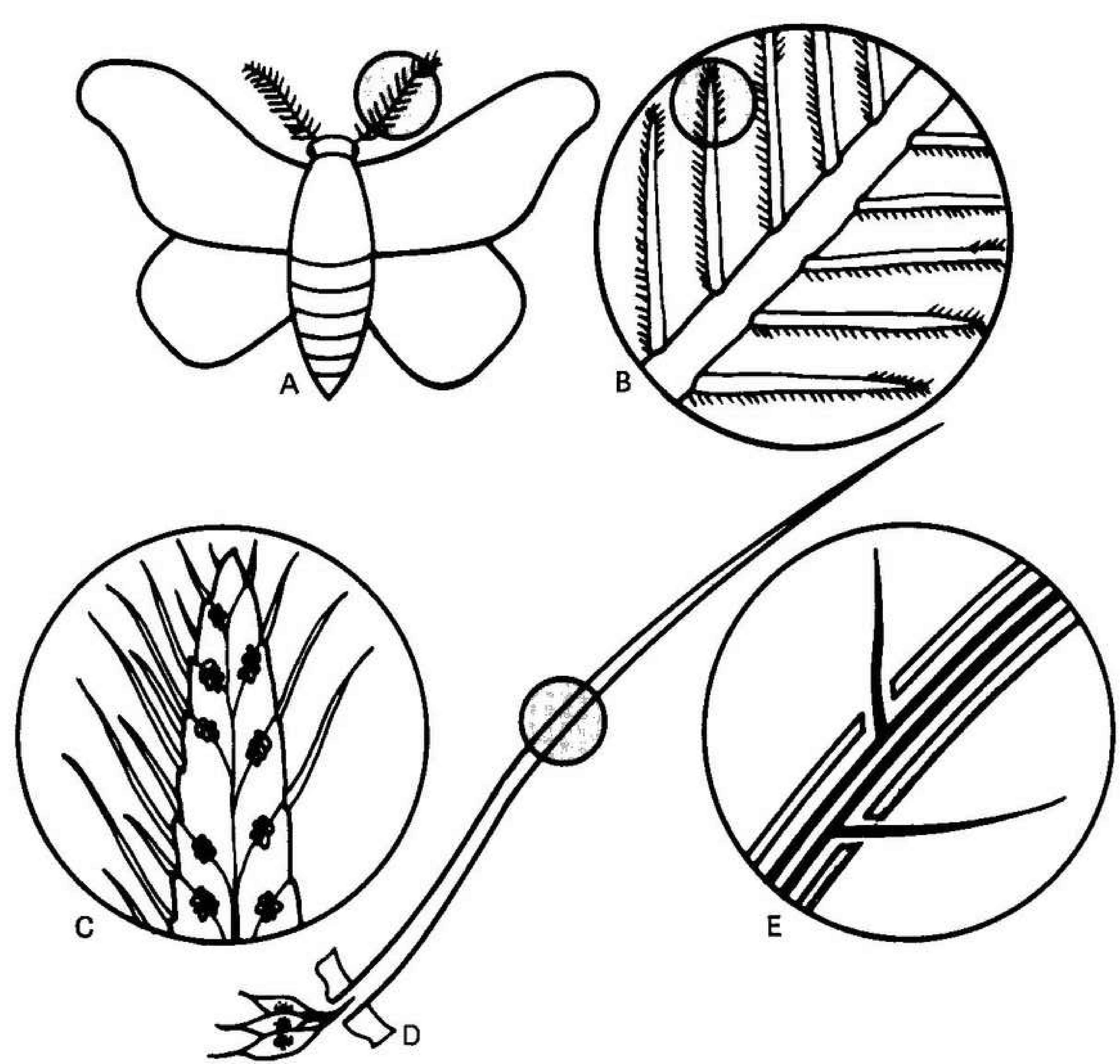


Fig. 3-1. A) Mariposa de la seda macho. B) Detalle ampliado de la antena. C) Ampliándolo aún más podemos ver cada una de las células sensoriales. D) Junto a las células sensoriales hay unos largos filamentos sensoriales. E) Detalle del filamento sensorial. Por los minúsculos poros asoman al exterior terminaciones nerviosas. Ellas son la parte sensible al estímulo de la feromona sexual.

y lo único que hace es esperar esta señal, la sustancia atractiva del bombicol. Poco después de la cópula, muere. Por lo tanto, no se puede desorientar a la mariposa macho con otros olores porque no puede percibirlos y no puede percibirlos porque no necesita hacerlo.

El bombicol actúa sobre la mariposa macho como una llave que abre el cerrojo de una puerta cerrada y origina en este animal toda una cadena de comportamiento: zumbido de las alas, orientación hacia la hembra, acercamiento y cópula. Un único olor, un solo estímulo da la voz de alarma, indica el camino y provoca el apareamiento. Nuestros experimentos ya han demostrado hasta qué punto las mariposas de la seda machos reaccionan "a ciegas" ante el olor del bombicol. El apareamiento se intentaba con todo aquello que oliese a bombicol; lo mismo daba que se tratase de gigantescas hembras Atlas o de simples hojas de papel secante que de mariposas de la seda hembra. El "reconocimiento" de la hembra, por lo tanto, está ligado a un único distintivo químico, a lo que se denomina un único estímulo-clave*. Sólo el estímulo-clave del bombicol desencadena en el macho conductas de orientación y apareamiento.

La búsqueda y el reconocimiento de la pareja es en el caso de la mariposa de la seda y de otras muchas mariposas nocturnas una tarea exclusiva del macho. El comportamiento de las hembras es, dejando aparte la emisión de la feromona sexual, totalmente pasivo. Esto nos explica por qué los machos de muchas mariposas nocturnas tienen esas grandes antenas peludas con un gran número de células olfativas mientras que las hembras, por el contrario, disponen de unas antenas comparativamente raquíticas con muchas menos células olfativas. Pero ya en el próximo ejemplo hemos de ver que la pasividad de la hembra no es, en modo alguno, la norma general por

* Definición del concepto en la página 86.

la que se rigen los insectos y que de ninguna forma el proceso es siempre tan sencillo como el de llegar al apareamiento, incluyendo la cópula, mediante un único estímulo-clave.

EL DISEÑO LUMINOSO DE LAS LUCIÉRNAGAS

La luciérnaga macho de la especie *Photinus pyralis* emite durante su vuelo nocturno (en principio, sin dirección fija) señales, centelleos, que son, a su vez, contestados por la hembra con otros centelleos. El estímulo-clave para la hembra es la secuencia típica de centelleo emitida por el macho en intervalos de 5,7 segundos*. Esta secuencia provoca en ella centelleos de respuesta, los cuales son, también, un estímulo-clave para el macho que desencadena en él el vuelo dirigido y el apareamiento. Según esto, en esta especie de luciérnaga el reconocimiento es recíproco. La hembra reconoce a su congénere macho por el intervalo temporal entre los centelleos. El macho reconoce a la hembra de su especie en el preciso centelleo de respuesta.

En América ocurre a veces que muchas especies diferentes de luciérnagas conviven en la misma región. Y como todas ellas están en celo en la misma estación del año, uno puede observar en las cálidas noches veraniegas hasta nueve tipos diferentes de luciérnagas en busca de pareja. En un terrible caos se suceden los destellos y centelleos en los arbustos, los árboles y el césped. Para el espectador es un misterio que no se produzcan, constantemente, confusiones entre luciérnagas de distinta especie y que, en la práctica, nunca se apareen y crucen especies distintas entre sí. ¿Cómo es esto posible? Muy sencillo, mediante los distintos modelos o patrones luminosos de

* Véase el apartado "El faro intermitente de la luciérnaga" en la página 28.

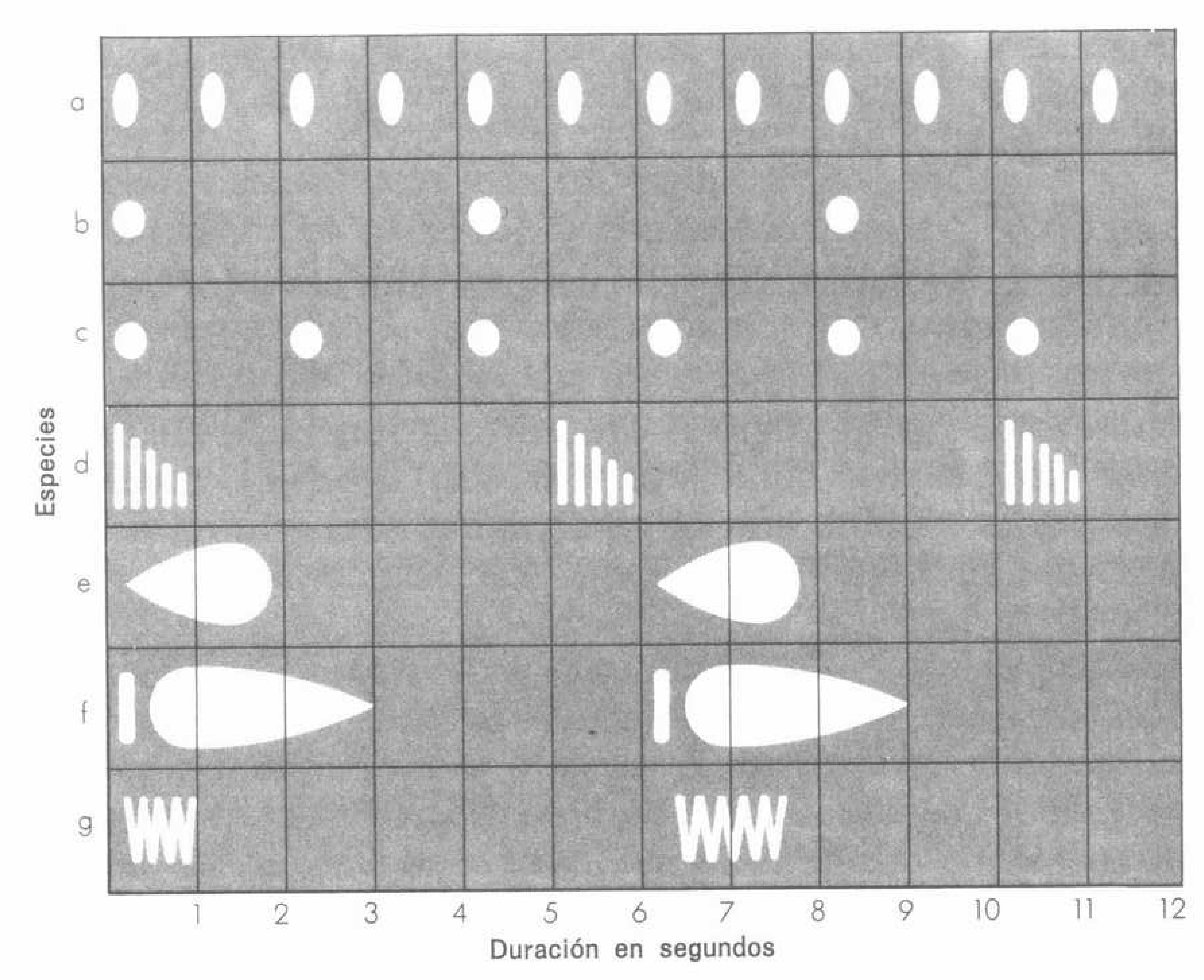


Fig. 3-2. Patrones luminosos de algunas luciérnagas norteamericanas del género *Photuris*.

su centelleante diálogo. Una de las especies de luciérnaga, por ejemplo, emite sus rayitos de luz a grandes intervalos temporales uno de otro y manteniéndolos durante algunos instantes. Otra, produce un rápido parpadeo intermitente. Una tercera, enciende una luz oscilante, la apaga por un breve instante, vuelve a oscilar y la vuelve a apagar. Y también entre las hembras hay muchas especies que contestan al patrón luminoso de sus congéneres machos de forma totalmente típica y característica de su especie.

Que este sistema funciona tan seguro como la muerte —en el sentido real de la palabra— nos lo demuestran las

hembras de una especie pirata de luciérnagas del género *Photuris*. Éstas imitan la secuencia de centelleos de la hembra *Photinus* y así atraen a machos *Photinus*. Los machos engañados vuelan hacia la hembra *Photuris*, enmascarada por el centelleo de la *Photinus*, para aparearse con ella. Tan pronto como aterrizan sobre el punto luminoso, les es tributado un digno recibimiento por parte de la hembra *Photuris*, que los devora inmediatamente sin más ceremonias.

Pero, dejando aparte esta refinada maniobra de diversión, los diferentes códigos de señales sirven, como hemos visto, a las diferentes especies de luciérnaga para reconocer a sus congéneres y parejas. Son la garantía de que no haya equivocaciones, mezclas y cruces entre distintas especies.

LOS SALTAMONTES BURLADOS

Hay dos especies de saltamontes, el *Chorthippus biguttulus* y el *Chorthippus brunneus*, que tienen un aspecto exterior muy parecido y además viven en el mismo biotopo*. Tan sólo el canto de ambos es claramente distinto y puede indicar al experto incluso a gran distancia, cuál de las dos especies está dando su concierto al aire libre en el césped. A pesar del gran parecido, esta diferencia en el canto es suficiente para evitar un cruce, a no ser que un científico colabore en su laboratorio a que tal cosa ocurra. Detrás de una hembra *biguttulus*, que canta como corresponde a su especie, se coloca un pequeño altavoz que emite el canto de una hembra *brunneus* y, paralelamente, detrás del macho *brunneus*, que también se dedica a su labor específica de canto, ponemos un altavoz del que

* *Biotopo*: medio ambiente, natural de determinadas especies vegetales y animales que se encuentran ligadas unas a otras mediante una interacción e interdependencia recíprocas.

brota el canto de un macho *biguttulus*. O sea, cada uno de los dos saltamontes tiene ante sí una pareja cuyo canto es de otra especie, pero detrás de la cual suena música de la especie propia. La reacción ante esta situación es inequívoca. Los dos saltamontes saltan el uno sobre el otro y llevan a cabo el apareamiento a pesar de la diferencia de especies.

Este experimento demuestra hasta qué punto es poderoso el estímulo-clave "canto de la misma especie".

Pero, ¿qué aspecto tienen los descendientes de este "matrimonio de laboratorio"? ¿Cómo se comportan y, ante todo, cómo cantan?

Los mestizos (híbridos) emiten un canto que representa con bastante exactitud una posición a medio camino entre los de sus progenitores. Es, como se diría en genética científica, intermedio. Pero veamos ahora lo que sucede si juntamos estos mestizos, tan pronto como estén en edad y época de reproducirse, con ejemplares en celo de *biguttulus* y *brunneus* pura raza. El comportamiento de los animales es el siguiente: los mestizos reaccionan positivamente ante el canto de los *biguttulus* y ante el de los *brunneus*. Sin embargo, su mezcla de cantos no es comprendida ni por los *biguttulus* ni por los *brunneus*. Es decir, los cantos intermedios de los mestizos no son estímulos-clave para las especies puras, de forma que no se llega a dar nunca el apareamiento entre un mestizo y un pura raza.

Experiencias muy parecidas a éstas se pueden realizar en el laboratorio con grillos, sapos e incluso patos. Pero, ¿qué es lo que hay detrás de todo esto?

Cada especie animal o vegetal existente hoy día sobre la tierra es el producto de un desarrollo que ha tenido lugar a lo largo de millones y millones de años (evolución*),

---

* *Teoría de la evolución* (también llamada teoría del origen de las especies): proporciona la explicación histórica del desarrollo y de las causas de la evolución de los organismos en el transcurso de la historia de la Tierra, desde los inanimados hasta las formas actuales, incluido el ser humano.

un desarrollo mediante el cual una especie determinada se adapta a un espacio vital también totalmente determinado. Así por ejemplo, la ranita de San Antón vive en las hojas de árboles y arbustos, cuyos colores la camuflan admirablemente. Sus dedos adherentes y su vientre rugoso le ayudan a sostenerse sobre hojas y ramas. Sus territorios de caza están constituidos por setos, zarzamoras y avellanos. La capacidad de salto de sus ancas traseras le permite cazar moscas dando unos brincos enormes. Totalmente distinta es la rana común. Cromáticamente hablando se ha adaptado a los charcos, pantanos y ciénagas. Dentro del agua son sus largas patas traseras las que la impulsan hacia delante. En tierra firme brinca o anda a pasitos cuando va de caza, acercándose lentamente a caracoles y saltamontes. No podría sostenerse sobre el ramaje de un árbol. Ambos animales están admirablemente adaptados a sus espacios vitales específicos. La especialización en determinados biotopos o en un determinado tipo de alimentación permite que la competencia por el alimento y el espacio vital no sea tan grande ni tan opresiva. Si se apareasen entre sí dos especies como éstas, ciertamente emparentadas pero adaptadas a distintos ambientes, las ventajas de la especialización se perderían parcialmente en la descendencia. Los mestizos estarían peor adaptados que sus padres pura raza. Lo que posibilita las ventajas de la especialización son los mecanismos de aislamiento, es decir, dispositivos que impiden el mestizaje de una especie animal.

El mecanismo de aislamiento más sencillo es la separación espacial de especies animales estrechamente emparentadas*. El hecho de vivir en zonas distintas, separadas por montes, ríos e incluso mares, excluye un encuentro y, por lo tanto, un cruce de especies animales emparentadas.

---

* Las especies *estrechamente emparentadas* que habitan en lugares diferentes se denominan especies alopátricas.

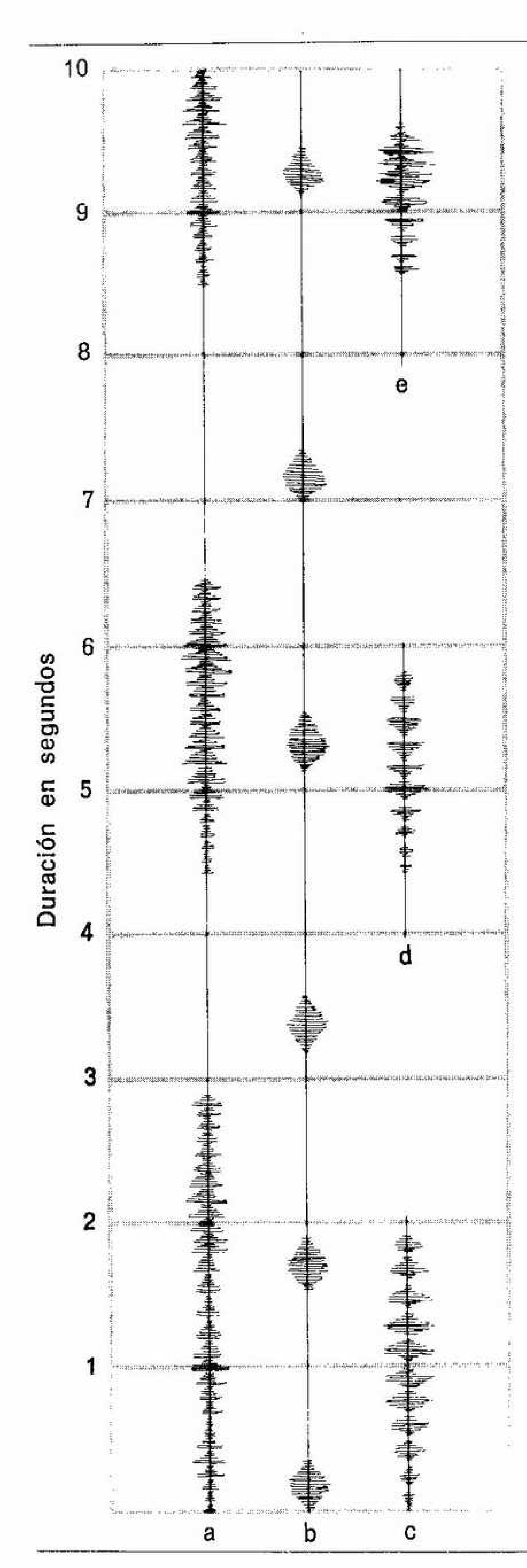


Fig. 3-3. Canciones de saltamontes pertenecientes a familias estrechamente emparentadas. a y b: *Chortippus biguttulus* y *Ch. brunneus* viven muy cerca el uno del otro: los cantos se diferencian claramente. c, d, e: Saltamontes que viven en distintas regiones pueden producir canciones muy parecidas.

Cuando dos especies de estrecho parentesco entre sí ocupan el mismo espacio vital* es frecuente que sus épocas de reproducción estén tan separadas temporalmente que apenas exista el peligro de un cruce. Así pues, la separación temporal de las épocas de reproducción funciona como un segundo mecanismo de aislamiento.

Pero, como acabamos de ver en el caso de nuestros dos saltamontes, allí donde especies emparentadas de cerca viven en el mismo biotopo y se ponen en celo en la misma época, el diferente comportamiento de reproducción (en este caso, los distintos tipos de canto) impide que se produzca el mestizaje.

Así pues, los estímulos-clave han resultado ser simples distintivos para el reconocimiento de los congéneres; es decir, mecanismos de aislamiento que evitan la reproducción entre animales de distintas especies.

Y si, por los motivos que fuesen, llevan a aparearse alguna vez dos especies diferentes, los descendientes mestizos son casi siempre infecundos, cuando no totalmente incapaces de aparearse.

LOS JUEGOS AÉREOS DEL ARGINIS

Los ejemplos que hemos presentado hasta ahora pueden despertar la impresión de que el reconocimiento de la propia especie se produce siempre mediante distintivos tan simples como un olor, una serie de centelleos o una determinada secuencia de cantos. Pero nuestro próximo ejemplo demostrará que la formación de una pareja animal puede ser mucho más complicada.

El arginis es una mariposa diurna que habita con carácter fijo en los claros o en los márgenes de los bosques.

---

* Las especies estrechamente emparentadas que habitan en un lugar común se denominan especies simpátricas.

Muy rara vez emprende migraciones a gran distancia. Al ir en busca de alimento prefiere las flores amarillas, verdes y azules. En julio y agosto, hacia la hora del mediodía, los machos se vuelven particularmente activos y revolotean sin descanso por su región. Sólo un agudo observador es capaz de notar que su forma habitual de volar, balanceándose, se ha convertido en un vuelo zigzagueante y sólo el experto sabe lo que ese vuelo zigzagueante significa: el macho está a la busca de la hembra.

El científico D. Magnus* ha estudiado durante años los hábitos y costumbres de estas mariposas. Descubrió que los arginis machos en época de celo no vuelan sólo hacia las hembras de su especie. También persiguen otras mariposas, como los pequeños hespéridos amarillos. A veces, incluso las hojas amarillas que revolotean por el aire tras haberse desprendido de un árbol son tomadas como objetivo de su vuelo; sin embargo, tardan poco tiempo en darse cuenta de su error y abandonar estos objetos equivocados. De estas observaciones surgieron para Magnus las siguientes preguntas: ¿Cómo atraen los arginis hembra a los machos en celo? ¿Por qué, a veces, los machos se equivocan? ¿Y qué es lo que les hace reconocer con tanta rapidez su error?

En un claro de bosque poblado de cardos y valeriana patrulla un arginis macho volando en zigzag. Entonces aparece al borde del bosque un segundo arginis. Tranquila y regularmente, revolotea hacia el claro; o sea, según su conducta de vuelo, es una hembra. Justamente cuando atraviesa el claro aparece el propietario del territorio. Con determinación y rapidez recorre los pocos metros que le separan de la hembra, la alcanza y la cerca en vuelos circulares muy cerrados. La hembra se queda como suspensa en el aire, zumbando con las alas. A continuación, vuela él alrededor de ella, pero ahora describiendo sólo semi-

* Dietrich Magnus, es catedrático de Zoología en la Universidad de Darmstadt.

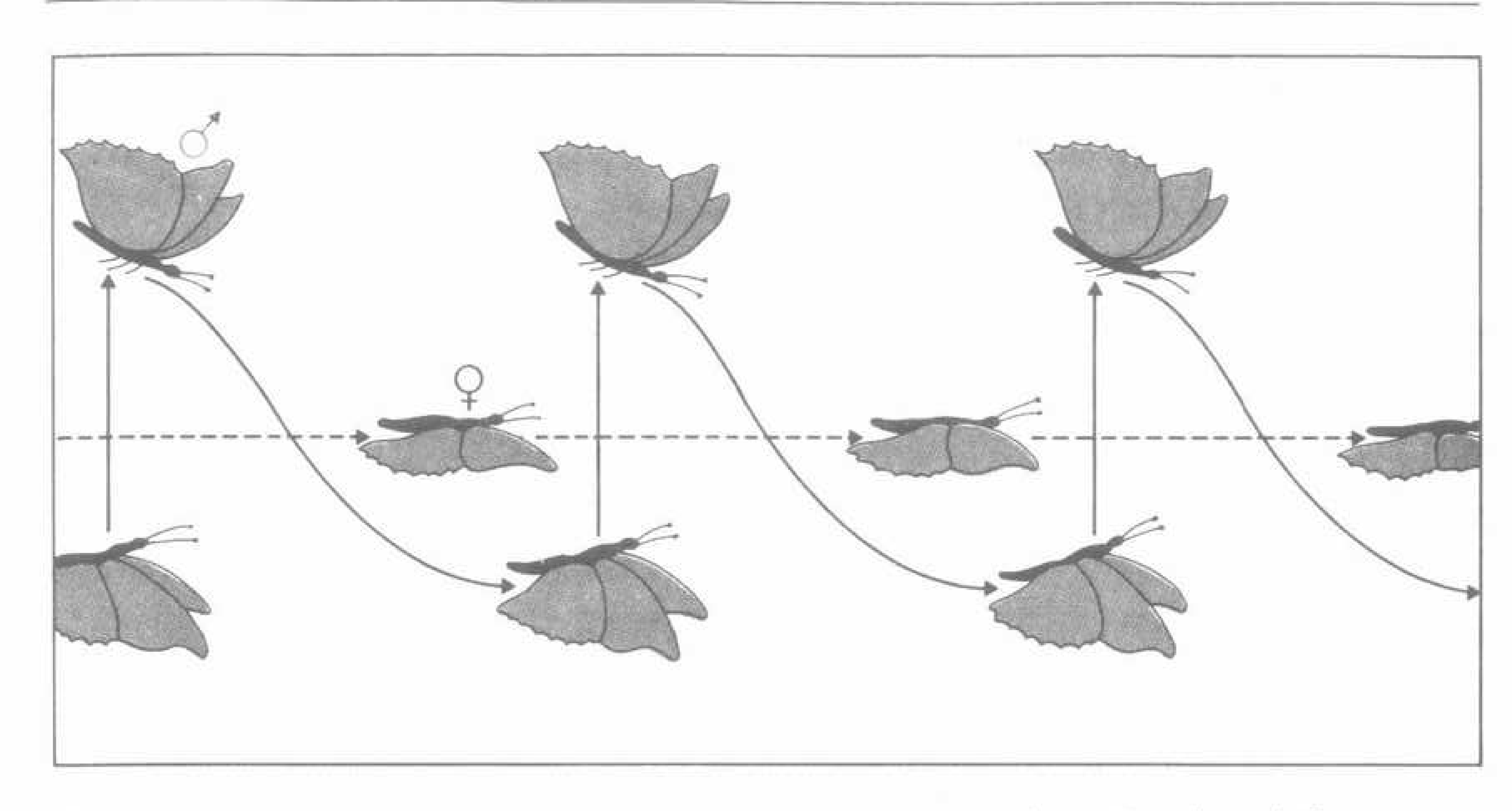


Fig. 3-4. Vuelo de persecución del arginis macho durante el cortejo.

circunferencias y no círculos enteros. Como respuesta, la hembra prosigue su vuelo lentamente y en línea recta. Él vuelve a perseguirla. Pero lo que hace esta vez es volar por debajo de ella para elevarse nada más sobrepasarla. Al elevarse sobre ella, el macho pierde claramente velocidad, de modo que la hembra le adelanta, volando por debajo de él. Y, de nuevo, persecución, vuelo bajo y elevación. Esta maniobra de persecución se repite a lo largo y ancho de todo el claro. Más de cien veces asistimos al continuo arriba y abajo, al vuelo bajo y a la elevación. De repente, la hembra interrumpe este juego aéreo y, zumbando con las alas, aterriza sobre una flor. A continuación, aterriza él también y se posa formando un ángulo recto respecto a la hembra, de tal forma que su cabeza esté dirigida hacia el flanco derecho del cuerpo de ella. En ese momento cesa el zumbido de las alas, que ya sólo se mueven lentamente arriba y abajo. Entonces, el macho hace una especie de reverencia y abraza el cuerpo de la hembra con las puntas de las alas anteriores. Segundos después redoblan sus antenas sobre las alas posteriores de la hembra. Es entonces cuando el macho se da la vuelta,

se coloca en posición paralela a su pareja y golpea el orificio sexual de ésta con el extremo de su abdomen. En esta fase del apareamiento ella despliega sus saquitos olorosos en el abdomen. Poco después, tiene lugar la cópula.

Este proceso de apareamiento, también llamado cortejo* se repite exactamente igual en todos los arginis de la especie *Argynnis paphia*. No se omite ni un solo eslabón en la cadena de movimientos y contactos. La cópula no se lleva a cabo hasta que se han recorrido todas las estaciones, desde el vuelo en círculos, pasando por el vuelo de persecución, hasta la reverencia y el contacto abdominal.

En cientos de experimentos con señuelos o modelos de cartón pintado, Magnus averiguó que para el macho la primera señal significativa de la hembra es el color. Los arginis machos se dirigen volando desde grandes distancias hacia los señuelos de color amarillo dorado, sobre todo si se les hace oscilar. El color amarillo oscilante es el primer estímulo clave, sin importar para nada la forma del señuelo. Incluso señuelos cuadrados provocan el vuelo del macho, siempre que estén pintados de amarillo dorado. A una cierta distancia de la hembra (unos veinte centímetros), todos los machos cesan en su interés por ella si no emite el olor adecuado. El segundo estímulo-clave no es, por lo tanto, de carácter óptico, sino químico. Si la hembra huele "correctamente", el macho empieza a rodearla volando en círculo. Y sólo en el caso de que la hembra esté dispuesta para el apareamiento, el estímulo-clave "vuelo en círculo" provoca la reacción "zumbido de alas".

Siguiendo el proceso restante del cortejo vemos que existe un constante toma y daca entre macho y hembra. Es una cadena de señales cromáticas, cinéticas, químicas

* *Cortejo*: comportamiento entre dos congéneres de distinto sexo que conduce a la formación de una pareja y al contacto sexual

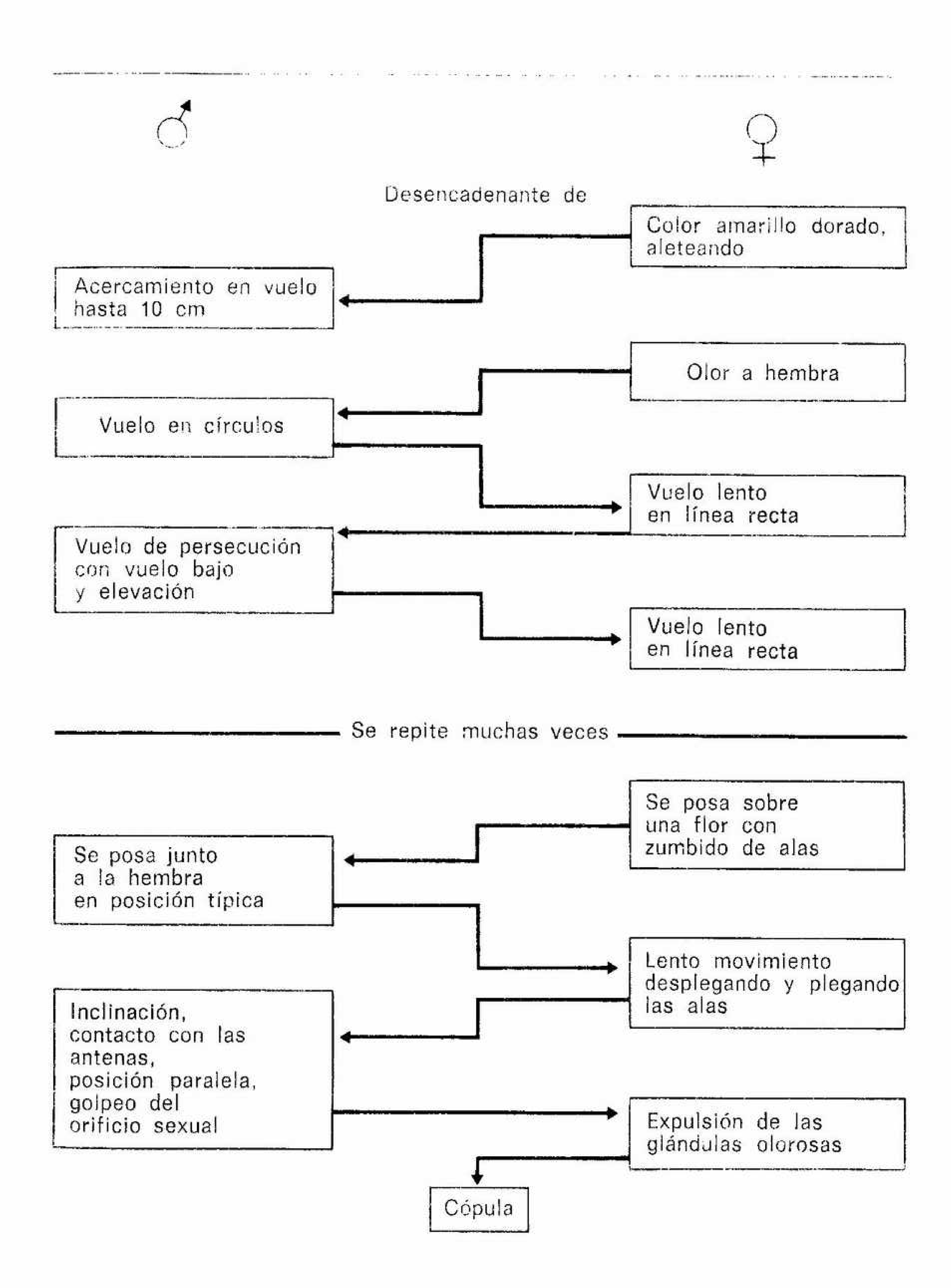


Fig. 3-5. Cadena de estímulos-clave en el cortejo del arginis (esquema)

y táctiles, intercambiadas entre los dos miembros de la pareja y que son, a la vez, respuesta y estímulo.

Aunque conocemos un gran número de los estímulos del arginis, no puede excluirse la posibilidad de que haya otros de importancia. Por eso, el esquema de la página 67 debe ser considerado sólo como una representación simplificada de procesos quizá más complejos.

Ahora comprendemos por qué el arginis dirige su vuelo a objetos equivocados, pero sólo por poco tiempo. Los hespéridos y las hojas amarillas desprendidas del árbol reúnen la combinación correcta de estímulos-clave "color amarillo dorado" y "movimiento oscilante". El macho vuela hacia ellas pero el proceso se interrumpe al llegar a una cierta distancia porque no se da el segundo estímulo-clave: "típico olor a hembra".

¿MACHO O HEMBRA?

Hasta ahora hemos silenciado la posibilidad de que un arginis en celo se encontrase con un congénere de su mismo sexo, o sea, con un macho de la misma especie. Porque, evidentemente, también los machos tienen un color amarillo dorado y revolotean de forma oscilante. ¿En qué nota un macho en celo si está persiguiendo a una hembra o a un macho?

Los arginis machos en celo no contestan al estímulo-clave "vuelo de aproximación" de otro macho con olor a hembra ni zumbido de alas, como las hembras, sino con vuelos en círculo. Por lo tanto, el macho perseguidor no recibe la respuesta correcta a su señal "vuelo de aproximación" e interrumpe el cortejo en seguida. Los dos machos se alejan volando el uno del otro. De acuerdo con estas reglas la diferenciación de sexos es muy simple, pero suficientemente clara. Si el estímulo-clave "vuelo de aproximación" no provoca un típico comportamiento de hembra, eso quiere decir que el objeto que ha llamado la atención del macho no es una hembra y, por lo tanto, carece de interés.

Los batracios machos son mucho más rigurosos en el examen de congéneres y no congéneres en lo relativo al sexo.

Anualmente, en primavera, se puede asistir en charcas y lagunas a un espectáculo que siempre se desarrolla igual. Procedentes de todas las direcciones, los batracios de las más diversas especies reptan y brincan hacia las aguas para aparearse en ellas*. En todas las especies son los machos los primeros en llegar a las aguas de freza e inmediatamente después de su llegada empiezan con las llamadas. Unos días después, aparecen las primeras hembras. A menudo ocurre que, aun antes de haber alcanzado el agua, son cortésmente recibidas por sus congéneres machos (bastante más pequeños que ellas), lo que en el caso de los batracios significa que saltan sobre ellas y las abrazan por la espalda. Durante días y semanas la parejita —él a horcajadas sobre ella— recorre a nado el estanque, antes de que tenga lugar la puesta e inseminación de los huevos.

La pregunta de cómo las ranas y los sapos encuentran las aguas de freza estaba y está sin resolver. No sabemos si el sentido del olfato desempeña algún papel en ello o si se orientan por el Sol, la Luna y las estrellas. Lo único seguro es que muchas ranas y sapos vuelven para reproducirse a sus aguas natales, allí donde, tras salir del huevo, se convirtieron primero en renacuajos y luego en ranas. Esto se ha demostrado de forma inequívoca mediante experimentos en que se marcaron los animales.

A orillas de las aguas de freza las especies se separan unas de otras y establecen en distintos puntos de la charca sus puestos de llamada. Las llamadas de apareamiento de

---

* Más datos sobre las épocas de apareamiento de los batracios en la página 155

los machos son para las hembras, que llegan más tarde, una importante ayuda a la hora de orientarse, al menos en las cercanías del estanque. Sin duda alguna, las hembras reconocen las llamadas de los machos de su especie. En un experimento se colocaron ranas hembra, dispuestas para el desove, en el centro de un tanque de agua de dos metros de largo. En cada uno de los lados más cortos del tanque se había instalado un altavoz con el que se reproducían, según se desease, llamadas de apareamiento de la misma especie o de otras especies emparentadas. Las hembras examinadas eligieron en todos los casos el altavoz correcto y se movieron hacia el lugar de donde procedía la voz de su congénere macho. Esto quiere decir que, en el caso de las ranas y los sapos, son las hembras las que preponderantemente llevan a cabo la tarea de buscar a su pareja. Se orientan por las distintas llamadas de los machos, cada una típica de una especie, y se cuidan así de que no se produzcan cruces entre diferentes tipos de ranas. Pero el auténtico reconocimiento del sexo se produce en el intento de abrazo. Los sapos y las ranas macho, en época de apareamiento, saltan, sin excepción, sobre todo lo que se mueve, e intentan abrazar lo que sea. La lámina 3-4 es un claro ejemplo de cómo esta actitud puede conducir a corto plazo a equivocaciones grotescas.

¿Cómo reaccionan los machos cuando otro macho salta sobre ellos y cómo lo hacen las hembras? Los machos, al ser abrazados por otros machos, profieren el llamado "grito de repulsa" y efectúan movimientos de rechazo. Inmediatamente, el macho que está sobre su espalda se suelta y se aleja nadando. Las hembras dispuestas para la cópula, por el contrario, se comportan frente a este abrazo de forma totalmente pasiva. Pero las hembras que aún no están dispuestas para el desove o que ya han desovado se rebelan activamente contra el abrazo. En algunas especies, también ellas emiten en estas circunstancias el "grito de repulsa".

Así pues, los batracios también se sirven de mecanismos relativamente simples para encontrar y reconocer a sus congéneres y, entre ellos, a su pareja. Las hembras de las cercanías son atraídas por llamadas de apareamiento, distintas y características de cada especie, a menudo interpretadas en un impresionante canto coral por una masiva aglomeración de machos en celo. Las hembras reaccionan sólo a la llamada de apareamiento de su propia especie. Para ellas es el estímulo-clave y el desencadenante de su movimiento orientado hacia el macho cantor. Para los machos, sin embargo, el estímulo-clave parte de cualquier objeto que se mueva y tenga aproximadamente el tamaño de una rana; un objeto de esas características desencadena en él el mecanismo del salto y del abrazo. El abrazo, a su vez, es un estímulo-clave ante el que los dos sexos reaccionan de forma diferente: las hembras dispuestas para el desove, con pasividad, y los machos, con un grito de repulsa y un rechazo activo.

Según nuestras observaciones e investigaciones, las mariposas nocturnas, las luciérnagas, los saltamontes, las mariposas diurnas, las ranas y los sapos se "reconocen" mediante distintivos muy concretos, ya sean químicos, ópticos, acústicos e incluso táctiles; éstos actúan como estímulos-clave o desencadenantes porque provocan en la pareja un comportamiento de respuesta igualmente prefijado. ¿Hasta qué punto tienen estas constataciones un carácter general? ¿Se pueden aplicar también a especies animales superiores, como aves y mamíferos? Estudiaremos estas cuestiones primero en el petirrojo, un viejo conocido nuestro ya desde el primer capítulo.

ALARMA ROJA: ORDEN DE ATAQUE

En el centro de un territorio de petirrojo colocamos al descubierto, sin camuflaje, una grabadora sobre la que

previamente hemos montado un petirrojo disecado. Una ligera presión sobre el botón adecuado y empieza a salir del altavoz el canto de un petirrojo*. Comienza con dos tonos agudos, cortantes y bastante largos; a ellos se añade después un grupo de trinos que casi suena como si se tratase de tres voces, hasta tal punto están los sonidos cercanos unos a otros. Luego vienen unos silbidos suaves, ya un poco decaídos, después un intermedio y se vuelve a empezar.

Cuando han pasado en la cinta exactamente dos estrofas de 7,5 segundos cada una responde desde muy cerca el propietario del territorio. Y ahí está: vuela tres o cuatro metros hacia arriba en el ramaje de un plátano y canta excitadamente. Ahora se acerca, se posa a sólo cinco metros del altavoz sobre la rama de un abedul y sigue cantando con la cabeza inclinada hacia abajo en dirección al petirrojo disecado. Segundos después vuela sobre su difunto congénere, se deja caer al suelo como una piedra, se impone de abajo arriba, revolotea en lo alto, se vuelve a dejar caer, se impone y canta. A todo esto, la hembra ya se ha acercado también a ver qué pasa. El cantante se dirige apresuradamente hacia ella, vuelve de nuevo y ataca violentamente al pájaro disecado, revolotea en torno a él, profiere sonidos inarticulados, se impone desde el suelo, vuelve a levantar el vuelo e incluso se posa brevemente sobre su contrario y lo picotea con su pequeño y gracioso pico; en definitiva, está totalmente fuera de sus casillas, hasta tal punto que permite al observador acercarse hasta casi poder tocarlo.

En este momento es posible, e incluso fácil, separar al enfurecido y belicoso petirrojo del señuelo medio desgarrado y anillarlo sin que haga el más mínimo intento por huir.

* Existe en el mercado una serie de discos con cantos de diferentes aves. De ellos se puede grabar fácilmente en una cinta (casette) el canto del petirrojo.

Un día después se repite el mismo experimento con una sola pero esencial diferencia: sobre el aparato no hemos puesto esta vez un petirrojo sino una burda reproducción suya, un armazón relleno, sin cabeza y sin cola, con dos alambres en lugar de patas; en realidad, tan sólo el tronco de un petirrojo. De nuevo suena el canto por el altavoz. Otra vez, contesta el petirrojo propietario del territorio. De nuevo asistimos al acercamiento, al ataque, al excitado canto y a la imposición.

El día del tercer experimento ponemos el altavoz en la horquilla de la rama de abedul. Nada de petirrojos disecados en todo el terreno. Sólo un manojo de plumas rojas, arrancadas del plumaje del pecho al señuelo del primer día, cuelgan de la rama bamboleándose, atadas por una hebra de hilo. Y otra vez sucede lo mismo de los días anteriores: violento acercamiento del propietario del territorio, picotazos a las inofensivas plumitas rojas, canto e imposición.

Si en esta fase del experimento se desconecta el altavoz, la agresividad* del atacante cede claramente y por último se disipa por completo.

Si tan sólo se hace sonar el magnetófono sin señuelo, el propietario del territorio se acerca volando, canta desde muy cerca y se impone hacia el lugar de donde procede el canto, pero permanece siempre a distancia. Así pues, en el petirrojo los estímulos-clave "canto de especie" y "plumas rojas" se refuerzan recíprocamente de una forma parecida a la que ocurría con el baile en zigzag y el vientre rojo en el caso del espinoso. Los dos estímulos juntos provocan una rabia agresiva, violenta y casi ciega.

Estos experimentos con señuelos nos aclaran algunos aspectos del comportamiento del petirrojo, comportamiento que ya hemos descrito detalladamente en el primer capítulo. Los petirrojos macho ocupan durante todo

* *Agresividad*: instinto de lucha.

el año un determinado territorio y lo defienden también durante todo el año, excepto en la época de muda*. Para señalar las fronteras de su territorio se sirven del canto y en el caso de que algún congénere se acerque demasiado se imponen y atacan abiertamente. Al imponerse muestran a su contrario el significativo color rojo del pecho y del vientre en toda su extensión (fig. 1-2). El extraño reacciona o bien huyendo —si el canto y el pecho rojo lo han acobardado— o bien imponiéndose, cantando y atacando a su vez. El pecho rojo y el canto son para el petirrojo macho, durante todo el año, estímulos-clave que provocan ataque o huida.

Pero, ¿qué ocurre con la hembra? Durante el otoño ella también es propietaria de un territorio y, por lo tanto, canta y se impone como un macho con el pecho rojo y el canto agresivo. Se comporta, pues, como un macho y detiene a todo congénere en las fronteras de su territorio, lo rechaza y lo expulsa.

Sin embargo, a lo largo del invierno va variando su actitud hacia los estímulos-clave "rojo" y "canto". Siempre que una hembra se encuentre a un macho cantando se sentirá atraída hacia él. Se acercará y éste en una postura ligeramente encogida, evitando así mostrarle su pecho rojo, apenas cantará y esquivará, pero sin huir, al agresivo macho, que intentará imponerse. Así pues, tanto el canto como el pecho rojo han adquirido para la hembra un significado positivo y atrayente. Al mismo tiempo se esfuerza por ocultar las señales que podrían provocar la agresión del macho. En esto es en lo que el macho parece reconocer a su pareja, la hembra. Este claro ejemplo del petirrojo nos muestra, pues, que también los animales superiores pueden reconocer con facilidad a sus congéneres mediante señales simples como el pecho rojo y el canto de la propia especie.

* *Muda:* cambio del plumaje que tiene lugar una o dos veces por año.

LOS ESTÍMULOS-CLAVE PIERDEN SU PODER

Los periquitos hembra y macho se diferencian exteriormente sólo en el color de la membrana situada sobre el pico. Los machos la tienen azul y las hembras marrón apagado, como se puede ver en la figura 3-6.

Si ponemos junto a un macho una hembra desconocida para él, cuya membrana marrón haya sido pintada artificialmente de azul —el color que corresponde a un macho—, el macho tratará a esta hembra como a un rival de su mismo sexo y la combatirá. Por lo tanto, la membrana azul es el estímulo-clave y desencadena una lucha de rivalidad. El mismo macho se comporta de forma totalmente opuesta cuando se le pone en compañía de otro macho desconocido cuya membrana azul esté pintada de marrón,

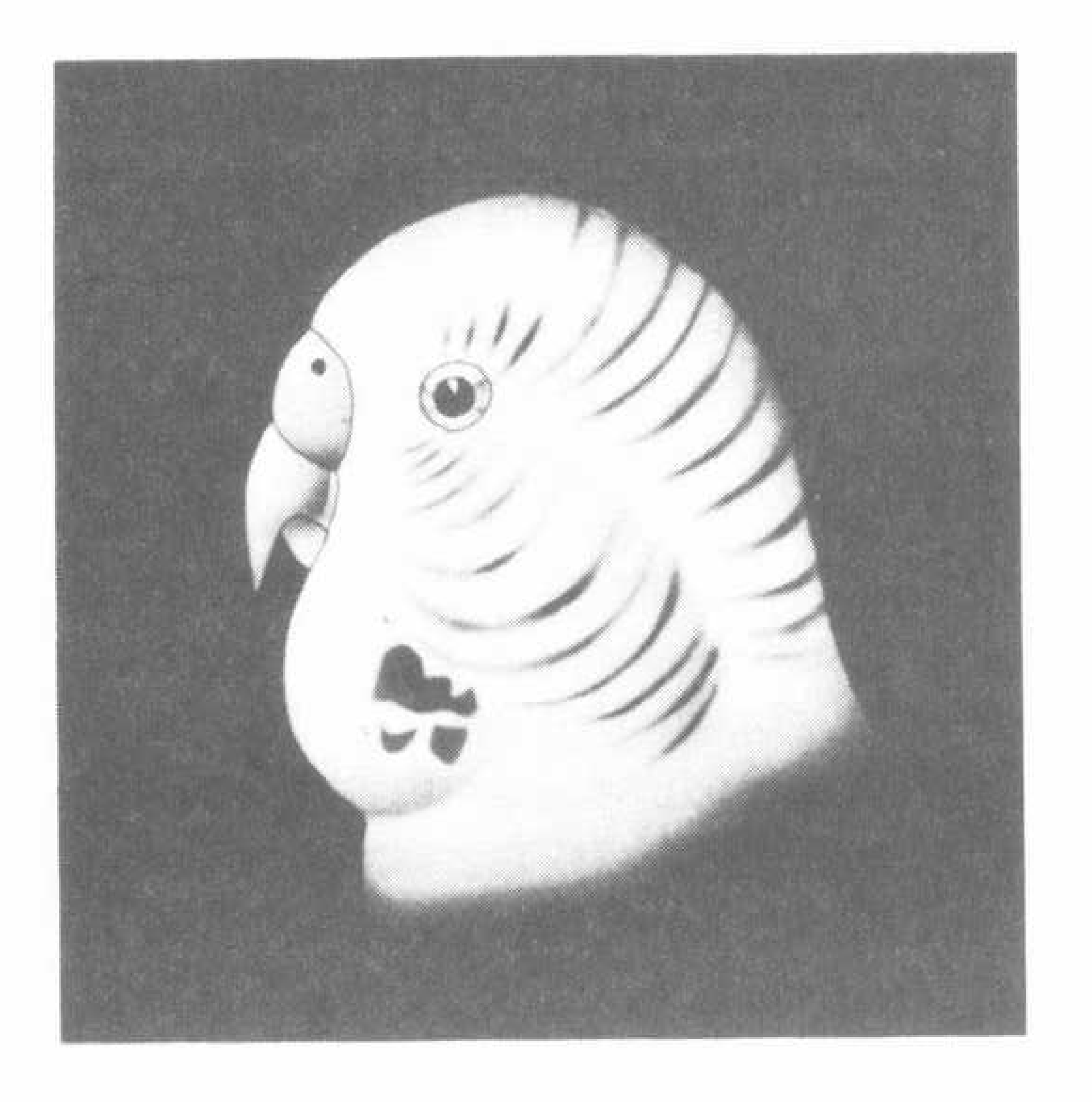


Fig. 3-6. El sexo de los periquitos sólo se puede distinguir por el color de la membrana situada encima del pico. Los machos la tienen azul y las hembras marrón.

como correspondería a una hembra. Entonces, el primer macho empieza en seguida a cortejar al extraño. También en este experimento, pues, el color de la membrana demuestra ser el estímulo clave. Pero, ¿cómo se desarrolla el mismo experimento cuando se trata de dos animales que viven juntos desde hace tiempo?

Primero, separaremos por un breve espacio de tiempo una pareja de periquitos que desde hace meses conviven en la misma jaula y desde hace semanas se aparean entre sí. Luego, pintaremos la membrana de la hembra de color azul y la volveremos a juntar con el macho en la jaula de antes. El macho, ahora tendría que atacar, combatir a su supuesto rival. Pero no ocurre nada de eso. Apenas está la hembra de vuelta, el macho empieza a cortejarla y a solicitarla. ¡Nada de ataques! El periquito macho ha reconocido a su pareja inmediatamente. La membrana azul, que antes provocaba el ataque, ha perdido todo su significado, ha dejado de ser efectiva como estímulo-clave. Y esto significa que los estímulos-clave pueden perder su función desencadenante cuando los dos animales se conocen individualmente*.

Esta constatación que hemos llevado a cabo con la pareja de periquitos es válida para muchas especies de animales y, sobre todo, de animales superiores, como aves y mamíferos.

También en el petirrojo se puede observar que aquellos catalizadores todopoderosos, que eran el pecho rojo y el canto, ha perdido su significado tan pronto como la pareja está ya consolidada. Durante todo el período de incubación, tanto macho como hembra vuelan por todo el territorio con su señal roja, sin amenazarse mutuamente ni, mucho menos, pelearse. El resto de los petirrojos sí siguen siendo amenazados y expulsados tan pronto como

* La condición necesaria para que los animales se conozcan personalmente es que exista en ellos una cierta capacidad de aprender.

aparecen en el territorio. Así pues, el conocimiento individual de la pareja es también, en este caso, más fuerte que el provocativo pecho rojo. Sin embargo, lo que no sabemos con seguridad es en qué se reconoce la pareja a una distancia de veinte o incluso treinta metros. Es muy probable que las aves y también los mamíferos se reconozcan individualmente por la cara, la voz y la forma de moverse. A favor de esta teoría están muchas observaciones ocasionales; por ejemplo, la llevada a cabo por Heinroth*, quien observó que un cisne vulgar atacó a su cónyuge, que tenía la cabeza metida en el agua para buscar alimento, porque, como no podía ver la cabeza, pensó que era un extraño. Pero la agresividad cesó tan pronto como la cabeza emergió sobre la superficie del agua. Lorenz** nos informa de demostraciones inequívocas según las cuales las grajillas se reconocen por la voz, aun cuando no se puedan ver. Heinroth opina que también los patos hembra reconocen a su pareja, de entre una bandada de machos, por la voz.

¿INNATO O ADQUIRIDO?

Un Atlas macho, que acaba de salir del capullo, se escapa volando en la noche nada más desplegar las alas; al poco tiempo, encuentra a su hembra, se acerca a ella y se aparean. Este macho llega al mundo sin ningún tipo de ayuda, extiende sus alas y ya puede volar, sin tener que pasar por un aprendizaje; ya sabe cómo huele una hembra, la encuentra sin que nadie le indique el camino y tie-

* Oskar Heinroth (1871-1945), eminente ornitólogo alemán y director del Acuario de Berlín, adquirió un gran renombre por sus concienzudos estudios del comportamiento de las aves.

** Konrad Lorenz fue el iniciador de la ciencia del comportamiento comparado, la etología. Sus obras principales son *Consideraciones sobre las conductas animal y humana*, Plaza y Janés, Barcelona, 1976, y *El pretendido mal*, Siglo XXI, 2.ª ed., Madrid, 1982.

ne una "idea" muy exacta de cómo ha de llevarse a cabo la cópula.

Un comportamiento como éste, que se desarrolla sin ninguna posibilidad de aprendizaje previo, sólo puede ser innato, tiene que estar ya predeterminado en el animal. Todas las especies animales que vienen al mundo sin ayuda y no tienen el cuidado de nadie después de nacer —es decir, que no son criados en ningún aspecto por los padres— tienen que estar provistas ya en el momento de nacer de un vasto programa* de comportamiento que les permita reconocer y reaccionar correctamente ante enemigos, alimento, congéneres y ante su propia pareja. La gran mayoría de los animales —por ejemplo, gusanos, muchos insectos y caracoles, los más de los peces, anfibios y reptiles— vienen al mundo solos, no son criados por nadie, y posteriormente, viven sin tener ningún tipo de contacto con sus congéneres. Todos ellos dependen para sobrevivir de sus facultades innatas. Tienen que reconocer lo que nunca han conocido y poder hacer lo que nunca han practicado.

Pero, ¿qué ocurre con animales como, por ejemplo, las aves y los mamíferos, que después de nacer son cuidados al menos, por uno de los padres y que crecen lentamente entre mimos y cuidados? ¿Qué ocurre con los animales que viven toda su vida asociados en bancos, manadas, rebaños o bandadas? Desde muy jóvenes están rodeados por sus congéneres y pueden aprender de ellos cuál es el comportamiento propio de la especie.

Un objeto muy apreciado a la hora de investigar sobre características y conocimientos innatos o adquiridos lo constituyen nuestras aves canoras cuyo canto, típico de cada especie, y muchas de sus llamadas desempeñan un importante papel en la época de reproducción. Por medio

* *Programa:* la reacción ante un suceso determinado está ya prefijada de antemano y cuando este suceso se presenta la reacción tiene lugar "automáticamente".

del canto limitan sus territorios y se imponen a sus rivales. Con llamadas y canto atraen a la hembra. De todas estas polifacéticas emisiones sonoras, ¿cuáles son innatas y cuáles han de ser aprendidas?

Una detallada y exhaustiva investigación sobre la evolución del canto del camachuelo ha sido llevada a cabo por el zoólogo Jürgen Nicolai*. Durante años observó esta especie, sobre todo en el cementerio de Wiesbaden y crió varias generaciones en jaulas. De su amplio informe hemos extraído nosotros la historia del camachuelo macho "Azul-Amarillo", porque es quizá la que mejor puede responder a nuestra pregunta: «¿Es innato o adquirido el canto típico de cada especie?» Pero, primero, digamos algunas palabras de carácter general sobre el camachuelo. El camachuelo es un habitante declarado del bosque mixto y prefiere justo el tipo de bosque que cada vez se va haciendo menos frecuente entre nosotros: el formado por árboles altos y añosos salpicado con pequeños reductos de coníferas. Machos y hembras se diferencian claramente por los distintos colores de su emplumado traje. Los camachuelos cantan poco y bajito y además no son aves territoriales, por lo que resulta difícil observarlos en primavera y verano durante el cortejo y posterior cría de sus polluelos. Con más comodidad, pero naturalmente bajo condiciones artificiales, se puede estudiar el comportamiento del camachuelo en cautiverio.

EL CAMACHUELO "AZUL-AMARILLO" Y EL CANARIO MACHO

El camachuelo macho "Azul-Amarillo", objeto de nuestra investigación, es el único superviviente de un nido

* Jürgen Nicolai (nace en 1925 en Neidenburg) es colaborador de Konrad Lorenz: *Eltembeziehung und Partnerwahl im Leben der Vögel.*

saqueado por los arrendajos. Tiene exactamente ocho días de vida cuando Nicolai se lo lleva a su casa, lo marca con un anillo amarillo y azul y lo confía para su crianza a un canario hembra. Después de tres semanas de crianza, "Azul-Amarillo" es trasladado a una gran jaula donde viven varios camachuelos jóvenes y un único canario adulto macho. Aunque este canario macho no participó ni estuvo presente en la crianza de "Azul-Amarillo", el joven camachuelo se asocia en seguida a él, busca su compañía y le escucha cantar con gran atención. Hacia finales del otoño, "Azul-Amarillo" deja oír por primera vez su canto de juventud, aún poco diferenciado. Pero muy pronto se puede reconocer en él el modelo sonoro del canario macho. A finales de año, "Azul-Amarillo" interpreta el canto completo del canario en toda su perfección, hasta tal punto que resulta difícil distinguir el original de la copia.

A finales del invierno, "Azul-Amarillo" se aparea con un camachuelo hembra y en la primavera siguiente cría cuatro polluelos. "Azul-Amarillo" sigue obsequiándonos con sus arias de canario. Y aunque los hijos de "Azul-Amarillo" tuvieron desde pequeños, camachuelos macho como profesores de canto, ellos interpretan el canto del canario que han oído a su padre.

Aún cinco años después, los nietos y biznietos de "Azul-Amarillo" siguen cantando las estrofas de aquel canario macho que "Azul-Amarillo" eligió entonces como padre adoptivo y al que había dedicado toda su capacidad de aprendizaje.

¿Qué conclusiones podemos extraer a partir de este resumen de la historia de "Azul-Amarillo" y su descendencia?

Los polluelos de camachuelo en edad de crecimiento reciben en el nido una serie de impresiones por parte de sus padres que luego determinan su desarrollo sonoro de forma decisiva. Esto se ve claramente cuando un pajarillo de nidada es criado por padres adoptivos, como, por ejemplo, un canario hembra. La inclinación del joven camachuelo "Azul-Amarillo" hacia el canario macho parece haber sido creada por impresiones que recibió de su madre adoptiva, el canario hembra, en las tres primeras semanas. De la mano de esta acuñación*, con canarios como modelo, tiene lugar en "Azul-Amarillo" otro proceso: en una época de su vida en la que él mismo aún no sabe cantar, graba en su memoria el canto del canario macho. Y este aprendizaje, realizado en la más tierna juventud, no se exterioriza hasta varios meses después en una perfecta imitación del modelo.

Muchos informes —entre ellos el de Brehm, quien enseñó a un joven camachuelo la canción "Guardia en el Rin"— confirman las investigaciones de Nicolai de que los camachuelos macho aprenden del padre o, mejor dicho, del ser vivo que los cría, el "canto de su especie". Camachuelos criados por seres humanos concentran sus deseos de aprender, durante este período sensible de su evolución sonora, en las manifestaciones acústicas de su cuidador y aprenden fácilmente dos o tres breves melodías populares, que luego recuerdan durante toda su vida. Este período sensible** de la capacidad de aprender corresponde, en el caso de los camachuelos, a los primeros meses de vida.

Si recordamos la gran importancia del canto del petirrojo para atraer a su pareja, no podremos por menos que sorprendernos ante el apareamiento del camachuelo "Azul-Amarillo", que canta como un canario macho, con un camachuelo hembra. La explicación nos viene dada por un estudio de los hábitos del camachuelo. Como ya hemos dicho, los camachuelos no son aves territoriales y,

---

* *Acuñación:* bajo este concepto entiende el biólogo un aprendizaje, que se mantiene de por vida, de determinados estímulos que desencadenan una reacción no menos determinada. Este aprendizaje tiene lugar, la mayoría de las veces, en una fase sensible de la época de juventud.

** *Período sensible:* determinado espacio de tiempo en la vida de un animal en que éste está especialmente capacitado para aprender y en el que las experiencias y conocimientos quedan acuñados en el animal con un carácter muy duradero.

por lo tanto, su canto tampoco tiene significado alguno como señal de demarcación territorial. En el apareamiento, el canto tampoco tiene función alguna o, en todo caso, se trata de una función totalmente secundaria. Los camachuelos machos en libertad sólo cantan cuando se sienten solos y cuando la hembra empolla. Fuera de la época de incubación también se puede oír cantar al camachuelo ocasionalmente dentro de su bandada. Lo que esto significa es que el canto del camachuelo no sirve ni para la demarcación de su territorio ni para atraer a su pareja y, por lo tanto, no es un distintivo específico para el reconocimiento de la especie. Por eso examinaremos, para elucidar la pregunta "innato o adquirido", un ave distinta, de la que sepamos que vive en territorios y que atrae a su pareja mediante el canto.

UN AVE QUE NO PUEDE APRENDER

En abril vuelve a su patria natal una modesta ave de color gris pardusco; es la curruca zarcera, que se puede encontrar allí donde haya arbustos de poca altura; o sea, en los márgenes de sotos, bosques y sitios similares. Los machos, tras su regreso, vagabundean cantando por la maleza y fundan sus territorios. Eligen un lugar que aún esté libre y desde allí emiten su canto territorial, un áspero gorjeo. Y si se acerca una hembra también cantan volando.

El zoólogo F. Sauer ha sido, seguramente, el primero en catalogar con gran exactitud las veinticinco llamadas y los tres cantos diferentes de esta ave. Así como Nicolai estudió el desarrollo del canto en el camachuelo. Sauer estudió también el desarrollo del canto en la curruca zarcera.

Hizo que algunos huevos de curruca zarcera fuesen empollados por una incubadora y crió luego a los polluelos por separado, totalmente aislados en cámaras insonorizadas. Así pues, desde su nacimiento estos animales no vieron ni oyeron nada que no fuese a sí mismos.

Ya a principios del otoño del mismo año dominaban las veinticinco llamadas y los tres cantos sin haber tenido nunca ningún modelo acústico, ningún maestro de canto. Por lo tanto, todo el repertorio de sonidos de la curruca zarcera es innato.

Además, al comparar los polluelos del experimento con animales criados normalmente por currucas padres, resultó que los ejemplares que habían crecido prisioneros y los criados en libertad iban madurando los sonidos consecutivamente por el mismo orden y con la misma distancia temporal. Según esto, el desarrollo del canto es un proceso que transcurre de acuerdo con un plan rigurosamente fijo.

Pero esto no quiere decir en absoluto que las currucas zarceras sean incapaces de aprender. También esta especie ornítica tiene durante su desarrollo fases abiertas al aprendizaje, en las que pueden ser asumidos e imitados —esto es, aprendidos— distintos motivos de un modelo. Hay bastantes grabaciones con cantos de curruca zarcera que demuestran esta afirmación. La mayoría de las veces es al final del canto típico e innato cuando, ocasionalmente, entonan como apéndice el trino del pinzón vulgar, un breve tema musical del herrerillo, gritos de alarma del mirlo y algunas cosas más. La curruca zarcera es, pues, un ave que posee su canto de especie preprogramado en el material genético y que, sin embargo, es capaz de aprender, hasta el punto de poder incluir motivos ajenos en su repertorio.

Al elegir estos dos ejemplos hemos presentado dos casos extremos: el camachuelo, que en determinadas fases de su desarrollo está totalmente abierto al aprendizaje, y la curruca zarcera, que está determinada hereditariamente. Entre las dos formas de comportamiento hay zonas de transición muy extensas. Los polluelos machos del pinzón vulgar, si son criados desde pequeños en un

ambiente insonorizado, entonan al año siguiente un "canto" que en la duración y el ritmo responde más o menos a los patrones del pinzón vulgar. Todos los demás refinamientos del canto los tienen que aprender, así como el tema final de la canción. Sin embargo, éste no lo aprenden hasta la primavera siguiente a su nacimiento, cuando el ave intenta cantar por primera vez en compañía de sus congéneres. En ello se puede ver que tan sólo los rudimentos del canto están prefijados hereditariamente, pero no el virtuosismo.

Con la mayoría de las aves canoras ocurre que las emisiones sonoras más simples, especialmente las llamadas, son innatas, mientras que la mayor parte del canto tiene que ser aprendida. Es comprensible que sea así. Sonidos de atracción, aviso o amenaza son señales precisas que a menudo tienen un valor informativo decisivo. El joven animal tiene que poder disponer de ellos muy pronto. Un lento aprendizaje de su significado podría ser mortal.

En el caso del canto, suponiendo que tenga algún significado para el congénere o la pareja y que no sea emitido por puro placer*, bastan un número determinado de rasgos característicos para que sea reconocido por el interesado. Los adornos, con los que cada pájaro se diferencia de los demás, pueden ser útiles sólo para reconocer a la pareja individualmente de entre una bandada de congéneres.

Las investigaciones de Nicolai y Sauer con el camachuelo y la curruca zarcera nos han servido al mismo tiempo para conocer dos métodos con los que se puede examinar la cuestión de las formas de comportamiento innatas y adquiridas en los animales.

* Los estríldidos, una familia de aves que habitan —subdivididas en muchas especies— en África, Asia y Australia, se reúnen a últimas horas de la tarde para una especie de concierto. A menudo, se posan por miles en las ramas de los árboles y escuchan a uno de ellos, que canta su aria en solitario hasta que es relevado por otro después de algún tiempo. La función de este solo operístico es hasta ahora desconocida. Quizá se deba al simple placer de cantar.

En el primero de estos métodos se separa a la cría de sus congéneres desde el nacimiento y se la asocia a padres adoptivos de otra especie. Cuando el animal ya es un adulto se puede deducir de su comportamiento cuáles son los elementos innatos y cuáles los adquiridos.

En el segundo método, el llamado "método Kaspar-Hauser"*, el animal es criado desde su nacimiento totalmente aislado en cámaras insonorizadas, sin tener contacto con ningún otro ser vivo. Por lo tanto, no puede aprender de nadie más que de sí mismo. En animales adultos que hayan sido sometidos al método Kaspar-Hauser se puede ver y oír qué formas de comportamiento son innatas y cuáles deben ser aprendidas. Las formas de comportamiento innatas se desarrollan sin un modelo, las adquiridas no.

Por último, un tercer método de trabajo ya lo vimos en el apartado "Los saltamontes burlados". El principio fundamental de este método es cruzar dos especies animales cercanamente emparentadas y averiguar por las desviaciones observadas en el comportamiento de la descendencia qué distintivos físicos y de conducta son heredados.

Para no perder la visión de conjunto, haremos al final de este capítulo, una especie de balance.

Del surtido de estímulos producidos por un petirrojo rival que ha invadido un territorio, sólo hay dos señales que tienen efecto sobre el propietario del territorio, desencadenando una reacción por parte de éste: el pecho rojo y el canto típico de la especie. Estas dos señales, llamadas

* Llamado así según un niño expósito de origen enigmático que, supuestamente, había crecido en una habitación oscura, totalmente solo, sin posibilidad alguna de aprender algo de otro ser humano. No ocultaremos que el método Kaspar-Hauser como método de investigación presenta, además de grandes ventajas, también grandes inconvenientes. Todo animal que viva en sociedad, aunque sea de forma transitoria, y sea criado en el más absoluto aislamiento presenta la mayoría de las veces trastornos de conducta y se comporta de forma atípica. Por eso, hay que tratar siempre con precaución los resultados obtenidos en investigaciones en que se haya empleado el método Kaspar-Hauser con animales.

estímulos-clave, provocan en el propietario del territorio, como lo demostró el experimento de los señuelos, un comportamiento de respuesta fijado con toda precisión y que se desarrolla casi mecánica y obligatoriamente. En el sistema nervioso central del petirrojo todos los estímulos son filtrados. Sólo determinados estímulos-clave, "conocidos" de forma innata, pueden provocar una reacción. Así pues, en el fondo, no se puede decir que el petirrojo "reconozca" a sus congéneres y a su pareja, sino que lo que reconoce son los estímulos-clave, los desencadenantes de su propio comportamiento. Dicho de una forma más general, lo que esto significa es lo siguiente: los estímulos-clave —en forma de señales químicas, ópticas, acústicas o táctiles— levantan una barrera en el sistema nervioso del animal y liberan el comportamiento de respuesta que se encuentra allí ya prefijado y almacenado. Este comportamiento de respuesta puede significar en una misma especie animal ya sea "acercamiento y apareamiento", ya sea "lucha de rivalidades", según de quien provenga el estímulo-clave.

En toda especie animal hay un determinado estímulo-clave, o una cadena de estímulos-clave, típicos de la especie, que desencadenan, como respuesta, las formas de comportamiento innatas y típicas de la especie. La emisión de señales y la reacción ante las mismas son innatas. Aunque hemos podido observar que en los casos en que los animales se conocen personalmente los estímulos-clave pueden perder su poder casi por completo.

El "reconocimiento" de congéneres y pareja no está predeterminado en todas las especies animales. En especies que viven socialmente (o sea, especies en las que el individuo convive con sus congéneres en grupos más o menos grandes), los procesos de aprendizaje desempeñan un importante papel. El animal sólo es capaz de aprender en determinados estadios de su evolución, llamados períodos sensibles. Esto significa que en esos períodos es capaz de reunir rápidamente impresiones indelebles, que ya

no olvida mientras viva. Este proceso de acuñación puede tener lugar en un brevísimo intervalo de tiempo. Por ejemplo, para el polluelo ganso recién salido del huevo el primer objeto que se mueve libremente y emite señales sonoras se convierte "automáticamente" en su madre y la sigue a todas partes.

Sobre estos procesos de acuñación se sabe hasta ahora muy poco*.

* El zoólogo Desmond Morris estudia el tema de la acuñación en su obra *El zoo humano*, Plaza y Janés, Barcelona, 1985.

IV. EL CORTEJO ENTRE LOS ANIMALES

En el apartado del arginis, que trataba de la búsqueda y el reconocimiento de la pareja, utilizamos por primera vez el concepto de "cortejo" para significar "ceremonial de apareamiento". Igualmente, hubiéramos podido hablar de cortejo ya en el ejemplo del petirrojo, el espinoso, el grillo...; en definitiva, en la mayoría de los otros ejemplos, pues, se denomina cortejo el comportamiento entre dos miembros de una ulterior pareja que conduce a la formación de la misma. Por lo tanto, en todos los ejemplos que explicaban cómo se reconoce y se conquista a la pareja nos hallábamos ante animales cortejando. Parece, pues, ocioso preguntarse aún para qué cortejan los animales.

Mediante el cortejo se encuentran y se ponen en contacto animales de la misma especie y diferente sexo. Como ya hemos visto, es un importante sistema para controlar el reconocimiento y evitar la confusión de especies, conjurando así el peligro de que se produzca un cruce entre animales de distintas especies.

Podríamos, pues, decir que los animales se cortejan para encontrarse y reconocerse.

Con toda seguridad, esta explicación es correcta. Pero, ¿es también completa, es suficiente? Las parejas de petirrojos se forman meses antes del apareamiento. Los machos cortejan durante semanas y después de un prolongado período de cortejo es cuando se llega al objetivo final,

la cópula. La pareja se ha formado rápidamente. Ya unos días después del primer encuentro vuelan por el territorio los dos juntos. ¿Por qué, entonces, ese "noviazgo" de semanas e incluso meses?

Lo mejor es que investiguemos concienzudamente algunos ejemplos en otros animales. Quizás al final sepamos más y con mayor exactitud sobre el cortejo de éstos.

EL CORTEJO DE LOS CABALLITOS DEL DIABLO

En los arroyos y en los ríos pequeños con las orillas cubiertas de abundante vegetación se pueden observar en los cálidos días de verano dos especies de libélulas que, llevan el nombre de caballitos del diablo. Su abdomen alargado lanza destellos metálicos gris-azulados; los pares de alas, recorridos por nerviaciones longitudinales y transversales, reverberan "suntuosamente".

Por la noche, estas libélulas duermen, con las alas plegadas, reunidas en grupos, posadas o colgadas en sus dormitorios: lugares donde hay espesa maleza con follaje de zarzamora, helechos u otras plantas. No abandonan estos lugares de reunión ni siquiera cuando el tiempo es fresco, el cielo está nublado o incluso llueve. Pero si se prevé una mañana cálida y soleada, entonces los animales que aún no están en edad de aparearse se trasladan, en la misma planta que les sirve de dormitorio, uno o dos pisos más arriba y se calientan allí al sol. A menudo están allí sentados en un orden casi militar, uniformemente orientados hacia el sol, guardando entre ellos una distancia muy determinada (distancia individual*).

* *Distancia individual:* distancia mínima entre dos individuos de la misma especie. Adolf Remane trata el tema en su libro *Das soziale Leben der Tiere* (ed. Rowohlt) explicando cómo todo animal necesita y exige en torno a sí mismo un espacio libre exactamente determinado y que puede ser medido con toda precisión. Por regla general, los animales con un colorido más llamativo pretenden una distancia individual mayor que los menos vistosos.

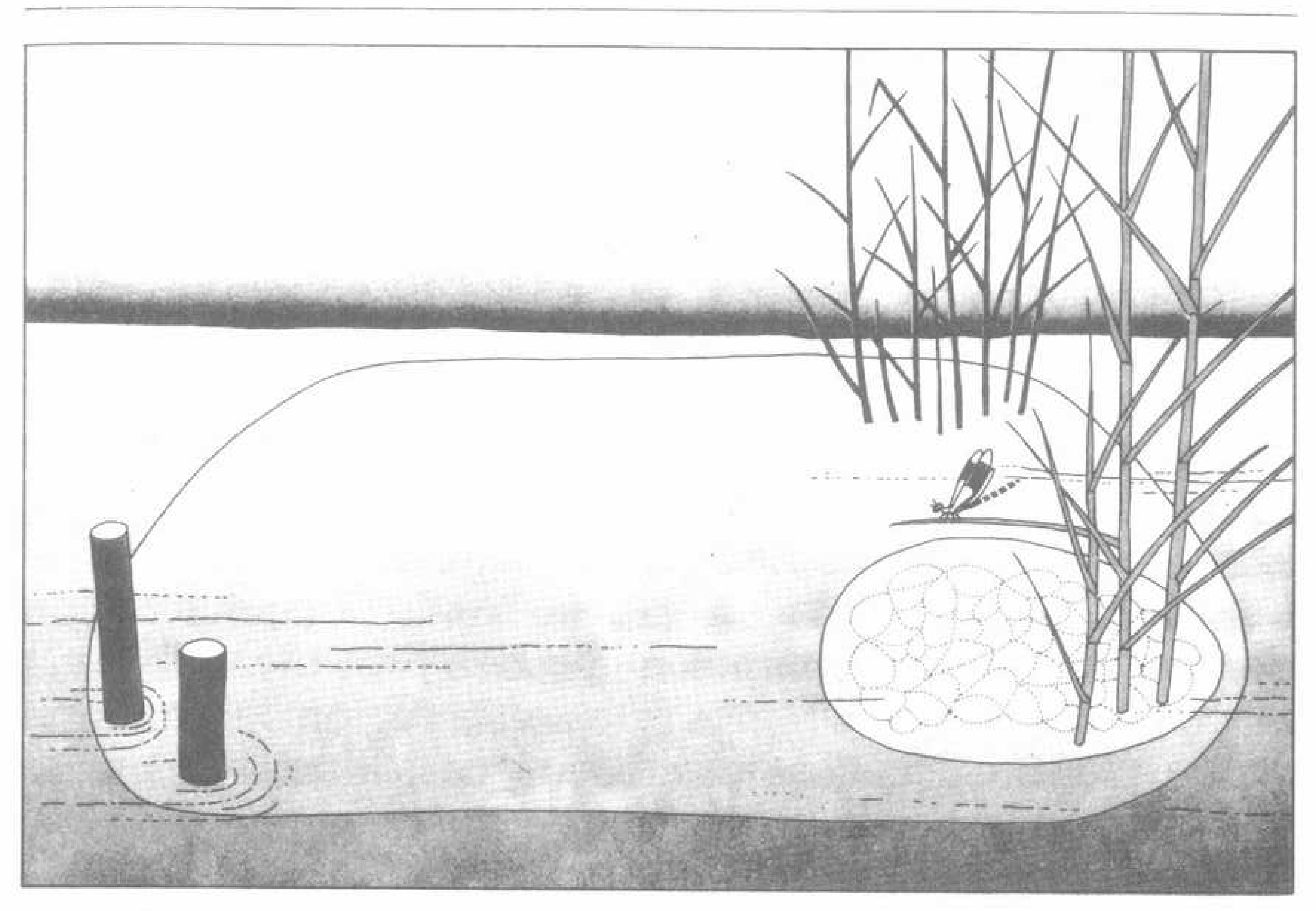


Fig. 4-1. Territorio de una libélula macho con su zona neutral (franja de la orilla al fondo) y región para la puesta de los huevos (en primer plano a la derecha).

Desde estos puestos practican la caza con los insectos que pasan por allí volando.

Estas jóvenes libélulas necesitan diez días hasta que han mudado el color y están preparadas para la reproducción. Entonces abandonan el grupo y se convierten, durante el día en animales solitarios.

Los machos sexualmente capaces vuelan arriba y abajo por el arroyo, al principio sin ningún objetivo aparente y con frecuencia a sólo unos cuantos centímetros de la superficie del agua. Una y otra vez se posan sobre los juncos, vuelven a volar, rodean de nuevo la misma zona y finalmente se quedan, con un sedentarismo bastante acusado, en una pequeña franja de la ribera. El objetivo final de estos vuelos de exploración es la fundación de un territorio cuyo tamaño y fronteras varían. La mayoría de las

veces sólo tiene de dos a tres metros de largo y contiene distintas especies de plantas acuáticas y ribereñas.

En el transcurso del día los machos patrullan su territorio muchas veces. En este revoloteo, que se diferencia del vuelo normal por un batir de alas considerablemente más rápido, inspeccionan las fronteras de su territorio. De vez en cuando se posan sobre plantas que están a una cierta altura —lo que se llama atalaya de observación— desde las cuales pueden controlar casi todo el territorio. Aparte de estos vuelos de demarcación territorial, que siempre transcurren sobre puntos significativos del terreno, cada macho visita en especial una pequeña región dentro del territorio y también la rodea revoloteando de la misma manera. Ya veremos que a esta región selecta, que posee plantas acuáticas y subacuáticas, le está asignada una función especial.

Los grandes ojos esféricos de esta libélula, la falta del sentido auditivo y las pequeñas e insignificantes antenas nos indican que las libélulas son, por así decir, animales

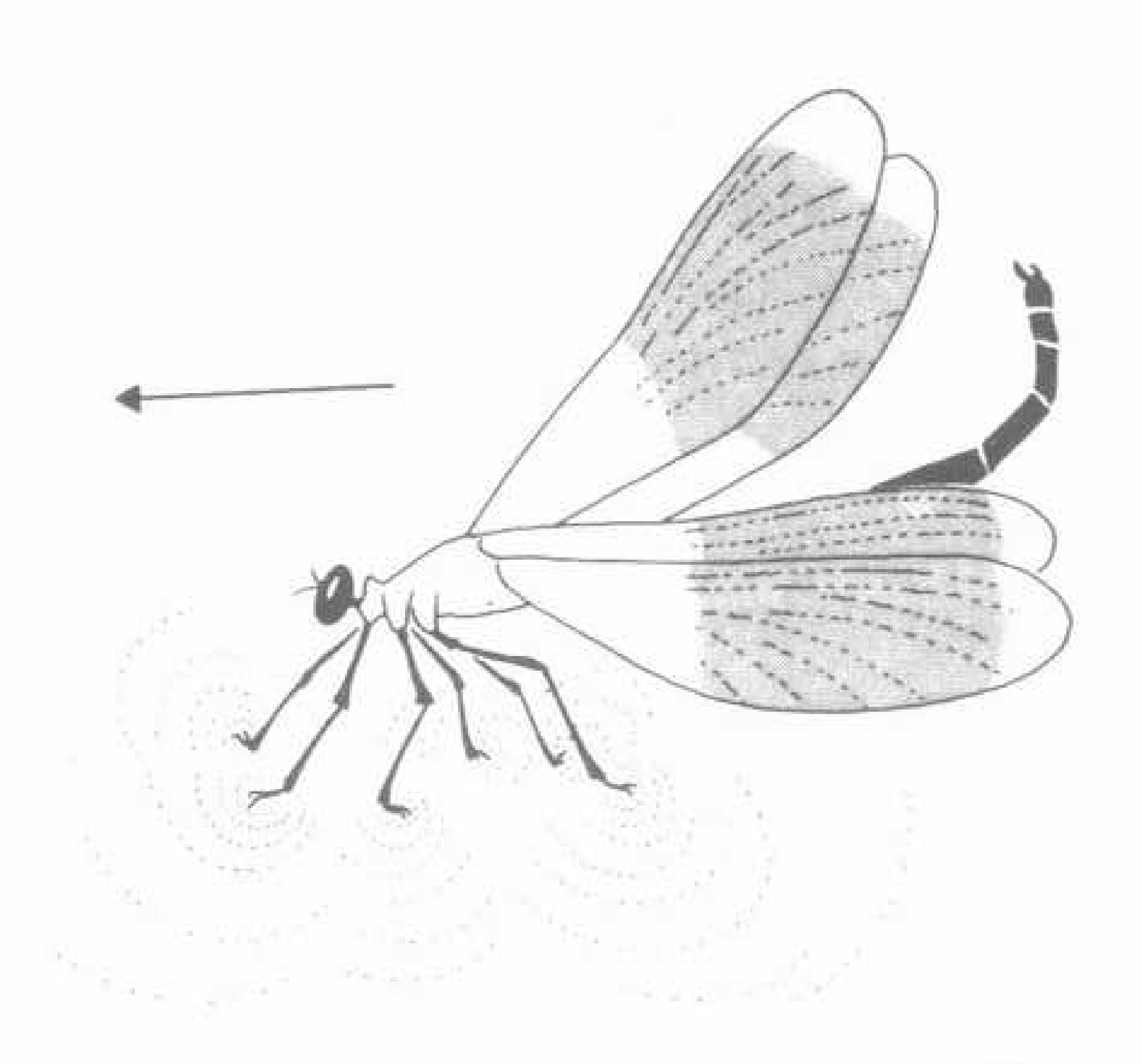


Fig. 4-2. La libélula macho muestra a la hembra el lugar indicado para la puesta de los huevos balanceando su coloreada "luz trasera".

ópticos y ópticamente demarcan su territorio para las hembras, pero también para los posibles rivales. Lo que para el petirrojo eran las atalayas de canto y el propio canto lo son para las libélulas las atalayas de observación y el revoloteo en torno a ellas.

Si un macho en busca de territorio invade un territorio ya ocupado, el propietario de éste reacciona, primero, extendiendo las alas y curvando hacia delante la punta del abdomen. Esta es, probablemente, una reacción de rechazo. Inmediatamente después vuela al encuentro del intruso e intenta expulsarlo. En un combate aéreo muy emocionante para el observador, pero en el que no se llega a actos de violencia o a infligir heridas al contrario, los dos rivales vuelan el uno hacia el otro y "atornillan el aire verticalmente mediante una maniobra que consiste en volar constantemente el uno alrededor del otro"*. Este juego aéreo se repite durante horas, siempre igual, y termina con el agotamiento y la consiguiente rendición del más débil. En contraposición al petirrojo, en cuyo caso es casi siempre el propietario del territorio el que resulta vencedor en la lucha territorial, entre las libélulas ocurre con frecuencia que después de una de estas peleas el territorio cambie de propietario. Quien tiene la mayor resistencia y obliga a huir al vencido se queda en el territorio y es su propietario oficial. El derrotado huye a una zona neutral, una estrecha franja de la ribera que se extiende tierra adentro, y se recupera de la agotadora lucha con su rival.

En esta misma época también las hembras en celo abandonan la vida social y vuelan en solitario a lo largo del arroyo o del río. Tan pronto como entran en el territorio de un macho, su propietario despliega ostensiblemente las alas y se dirige volando hacia la hembra. Es decir, el macho propietario del territorio muestra, al princi-

* La mayoría de los datos sobre el cortejo de los caballitos del diablo están tomados del trabajo de Armin Heymer *Verhaltensstudien an Prachtlibellen*.

pio del cortejo, el mismo comportamiento frente a la hembra que si se tratase de un macho.

Cuando el macho ha alcanzado a la hembra, se da la vuelta y revolotea ante ella. El extremo de su abdomen está curvado hacia arriba, de forma que sea bien visible la coloreada parte inferior del mismo. El caballito del diablo del género *Calopteryx splendens* tiene esta "luz trasera" de color blanco, la *Calopteryx virgo*, rosa. Otras libélulas lucen manchas traseras de color amarillo o rojo brillante.

De este comportamiento podemos deducir que el macho propietario del territorio al acercarse al intruso reco-

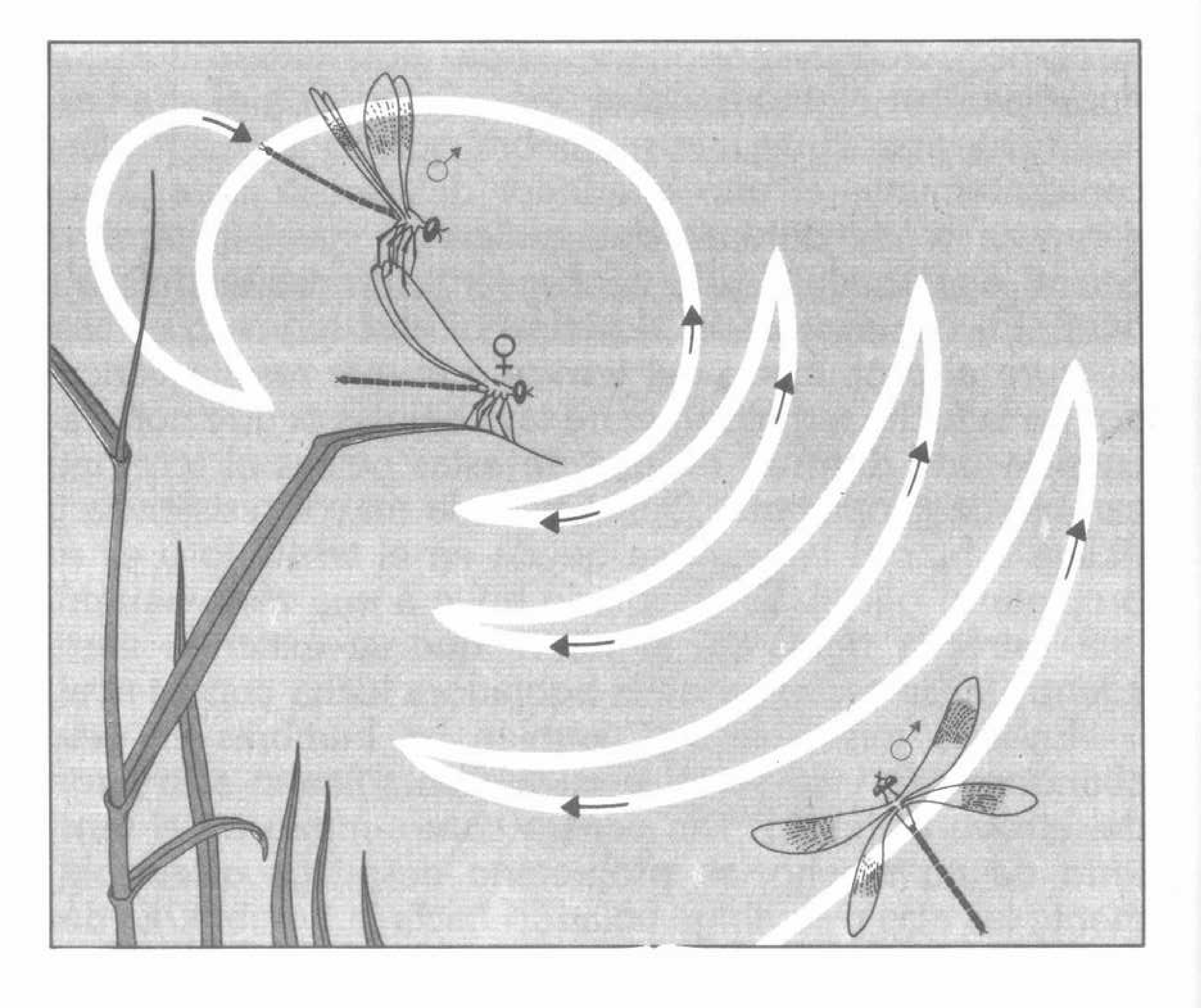


Fig. 4-3. En el vuelo de cortejo, el macho se acerca volando hacia la hembra en un movimiento pendular y, finalmente, aterriza sobre los extremos de las alas de su pareja.

noce en él a un congénere hembra. Armin Heymer, al que debemos un concienzudo estudio sobre el comportamiento de las libélulas, demostró con señuelos que en el reconocimiento de la hembra desempeñan un importante papel su tamaño, su forma y el color de las alas. La hembra reconoce al congénere macho por su "luz trasera" con los colores típicos de la especie. El color del abdomen es, pues, el estímulo-clave para la hembra y desencadena en ella una reacción. Los diferentes colores de estas luces traseras actúan, también, como barreras entre las especies e impiden el apareamiento entre parejas de distinta especie.

En un vuelo lento, y señalizando con el abdomen, el macho conduce a la hembra a la pequeña región delimitada dentro del territorio; al llegar allí se posa sobre una planta acuática o directamente sobre el agua, y con un zumbido de alas empieza a deslizarse delante de ella. Esta parte del cortejo es una fase breve, pero de gran importancia, que sirve para mostrar a la hembra el lugar elegido para la puesta de los huevos.

El vuelo de cortejo propiamente dicho empieza cuando el macho, con las alas ampliamente desplegadas, emprende un vuelo pendular, formando semicírculos, hacia el lugar donde está posada la hembra. Lentamente vuela por encima de ella, la rodea y aterriza con las patas estiradas sobre los extremos de las alas de la hembra. Rápidamente, el macho se apresura a deslizarse por el borde de las alas hacia el tórax de la hembra, curva su abdomen hacia delante y con las tenazas del abdomen* la agarra en la parte anterior del tórax. Entonces levanta el vuelo arrastrando tras de sí a la pasiva hembra.

Lo que ocurre a continuación sólo se puede comprender si antes estudiamos brevemente el cuerpo de las libélulas y hacemos un resumen de los distintos órganos de importancia en el apareamiento.

---

* Compárense las dos tomas electromicroscópicas de la figura 4-4.

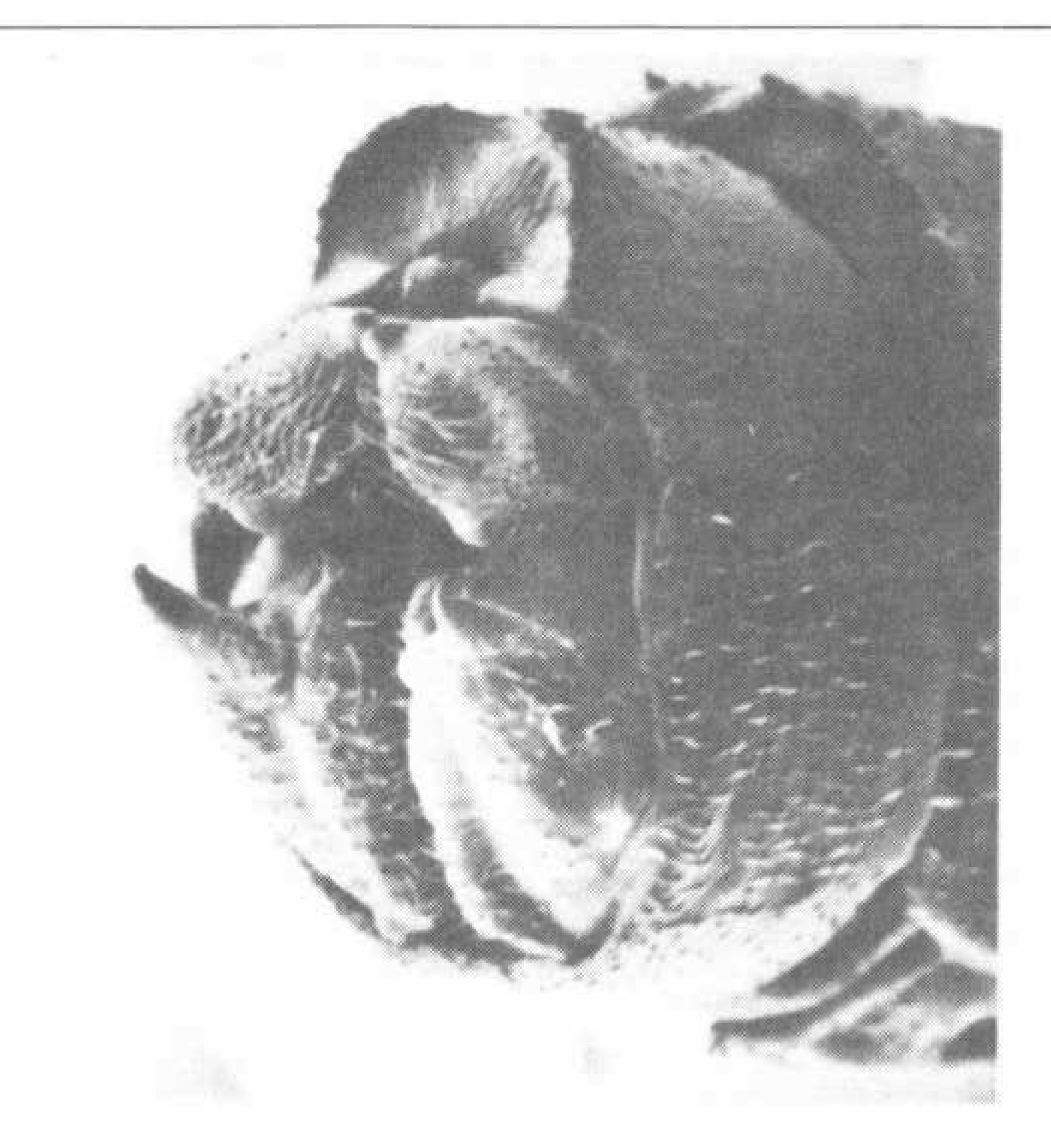




Fig. 4-4. Los machos de dos especies de caballitos del diablo muy estrechamente emparentadas (*Coenagrion lindeni* y *Ceragrion tenellum*) tienen los apéndices abdominales construidos de forma totalmente distinta. Del mismo modo, el lugar por donde las hembras son agarradas por los machos es diferente de una especie a otra. Estas tenazas del macho funcionan, pues, según el principio llave-cerradura, con lo que queda excluida la posibilidad de una equivocación y un cruce entre especies.

Como todos los insectos, las libélulas tienen un cuerpo compuesto por tres miembros (cabeza, tórax y abdomen) y tres pares de patas. El tórax, rígido, está dividido a su vez en tres partes, de las que salen los tres pares de patas. En la segunda y tercera secciones del tórax están las grandes alas, no plegables. El abdomen, muy largo, consta de diez segmentos claramente diferenciados, los llamados anillos abdominales. En el décimo anillo del macho se encuentran dos apéndices abdominales con los que agarra a la hembra. El orificio sexual del macho desemboca en la parte inferior del noveno anillo abdominal. Más o menos en el mismo lugar del cuerpo de la hembra está la llamada vagina de puesta.

Aunque el orificio sexual del macho esté tan atrás, el aparato copulador se encuentra delante, en el segundo anillo abdominal. Este aparato copulador es muy complicado y no será descrito aquí.

Antes de la cópula, los machos tienen que trasladar sus células de semen (esperma) del orificio sexual del noveno anillo abdominal al aparato copulador del segundo anillo y llenar este último con ellas. Para ello, se posa sobre una hoja o un tallo de una planta, tira de la hembra, que está debajo suyo, hacia delante, suelta la pinza con que la tenía cogida y la sujeta con las patas; curva el abdomen hacia delante y llena con su propio orificio sexual el aparato copulador (lámina 4-3). Unos segundos después ya ha finalizado el traslado de esperma y a continuación sigue el coito con la hembra. De nuevo, el macho vuelve a agarrar a la hembra con las "tenazas" y al hacerlo estira el abdomen. Entonces, la hembra curva su abdomen hacia delante bajo el del macho y acerca su orificio sexual al aparato copulador del macho. Después de ochenta o noventa segundos el coito ya ha finalizado y la "rueda de apareamiento" (lámina 4-1) se rompe. El macho y la hembra se separan. El macho levanta el vuelo, pero se vuelve a posar en las cercanías de la hembra. Ésta, tras un breve descanso, vuela hacia el lugar de puesta, que ya

le había sido indicado al principio del cortejo. Allí empieza a poner los huevos sobre los tallos de algunas plantas subacuáticas. Al hacerlo, puede ocurrir ocasionalmente que desaparezca por completo bajo el agua. Durante la puesta, el macho vigila a la hembra atentamente y, en el caso de que tras el apareamiento levante el vuelo, en seguida va a buscarla y la conduce de vuelta al lugar de puesta de los huevos. Después de la puesta la pareja se separa, y aproximadamente un cuarto de hora después ya está el macho dispuesto a un nuevo apareamiento con otra hembra. El ceremonial se repite de la misma forma: indicación de dónde está el lugar de puesta, vuelo de cortejo, traslado del semen, cópula y puesta.

Al caer la tarde el macho abandona su territorio y se dirige al dormitorio común. Al día siguiente, si el viento es favorable, vuelve a su territorio, lo defiende contra sus rivales y se aparea con otras hembras.

El cortejo de las libélulas muestra, como hemos visto, diferentes fases o estaciones. Al llegar a la edad de madurez sexual, tanto machos como hembras se separan del grupo común, la bandada, y durante el día se convierten en solitarios. Ambos sexos emprenden vuelos de exploración. Los machos fundan un territorio, que delimitan con señales ópticas. Sólo los machos en posesión de un territorio y que puedan acreditar sus posesiones ante la hembra llegan a aparearse. Los machos sin territorio no tienen ninguna oportunidad. Así pues, en el caso del caballito del diablo, la fundación del territorio puede ser considerada la primera parte del cortejo, puesto que es una condición necesaria para conquistar a la hembra*.

Para congéneres del mismo sexo —es decir, rivales— los vuelos demarcativos son una especie de declaración

* Esta constatación es válida para muchas especies animales, incluido el petirrojo. Sólo los machos que puedan presentar un territorio de su posesión tienen una oportunidad de conquistar a una hembra.

de guerra, para las hembras, son un medio de atraerlas al territorio. En el transcurso del cortejo, el macho muestra a la hembra el lugar de puesta. El cortejo en unión de la posesión de un territorio, se convierte en una especie de presentación cuyo fin es guiar a la hembra al lugar elegido y especialmente adecuado para la puesta.

Las luchas incruentas entre los rivales, por la posesión de un territorio, conducen a la selección de los más resistentes*. Sin embargo, estos torneos incruentos, regidos por estrictas normas de caballerosidad, impiden que haya pérdidas.

Sin duda alguna, los vuelos de cortejo del macho también sirven para darse a conocer como congénere. El cortejo es, pues, también entre las libélulas, un sistema de control que impide los cruces de distintas especies.

En el llamado poscortejo, después de la cópula, el macho vigila a la hembra durante la puesta y evita que sea molestada. Esto garantiza que los huevos lleguen al agua en condiciones favorables. Con esto, hemos descubierto ya en el primer ejemplo otras funciones del cortejo:

— *La fundación del territorio es una parte del cortejo.*

— *El cortejo es un medio para atraer a la pareja; hay que considerar las partes del cortejo como una guía de la pareja hacia el lugar elegido para la reproducción.*

— *El cortejo es un proceso de selección entre los machos.*

— *El cortejo es un medio de reconocimiento de la especie y, por lo tanto, un mecanismo de aislamiento.*

De paso nos enteramos también, con este ejemplo del mundo de los insectos, de que las libélulas no forman una

* Charles Darwin (1809-1882), biólogo inglés, creador de la teoría de la evolución (darwinismo), fue el primero en llamar la atención sobre la importancia del cortejo como mecanismo de selección.

pareja estable, que el cortejo es impersonal y que puede dirigirse a varias posibles parejas, aunque naturalmente con una distancia temporal.

EL MORDISCO GALANTE DEL COTO, O CAVILAT *(COTTUS GOBIO)*

Por toda Europa central, Inglaterra y el oeste de Francia está extendido un pez que gusta especialmente de los ríos rápidos y los terrenos montañosos y que la gente lo llama coto. Este pez predador, cuyos ojos están situados en la parte superior de la cabeza y que tiene en el tórax unas enormes y llamativas aletas en forma de abanico, habita en el fondo del agua y puede criarse muy bien en un acuario de agua dulce. Lo único importante es que el acuario sea lo suficientemente grande (aproximadamente 60 × 35 × 35 cm) y que esté muy bien ventilado. Las plantas no son necesarias ni deseables; sí, por el contrario, arena, grava y piedras.

Fuera de la época de reproducción, los cotos se esconden bajo las piedras, adaptándose cromáticamente al color del suelo con gran habilidad. Sólo salen de sus escondrijos para capturar presas. Pero si se quiere observar el extraño comportamiento de este animal durante el cortejo, habrá que poner a su disposición una cueva dentro del acuario; lo mejor en estos casos es una maceta rota en posición horizontal y enterrada más o menos hasta la mitad en la arena. Si la cueva resulta demasiado espaciosa o demasiado alta, el cortejo sólo se lleva a cabo de mala gana, si es que se lleva a cabo.

En la segunda mitad del mes de marzo fundan los cotos macho sus territorios y empiezan a excavar una cueva para el cortejo y la puesta de los huevos. Con su ancho hocico y las fuertes aletas pectorales dragan sistemáticamente la cueva, demasiado llana para su gusto. Ocasionalmente, sacan arena de la cueva a coletazos. Cuando ya es suficientemente amplia —el macho comprueba su labor constructora por dentro y por fuera—, el coto macho se tumba en el nido con la cabeza hacia fuera.

Desde esta posición caza sus presas, expulsa a los posibles rivales y solicita a la hembra. También utiliza la cueva para huir de sus enemigos.

Si se acerca un rival, el propietario de la cueva levanta los opérculos, baja la cabeza, abre amenazadoramente la boca, cabecea y despliega las aletas. El cuerpo es sacudido por movimientos ondulantes y, al mismo tiempo, cambia el color de la cabeza, que se vuelve muy oscura. Si el rival se sigue acercando, el propietario del territorio ataca rápido como un rayo, agarra con la boca la aleta de su contrario, lo arrastra fuera del territorio y lo escupe a la esquina más alejada del acuario. Lo normal es que los intrusos no ofrezcan ningún tipo de resistencia. En algunos casos, poco frecuentes, en que un rival insiste en la provocación, se produce una breve lucha donde las armas son las bocas de los combatientes. Curiosamente, siempre resulta vencedor aquel que primero logra agarrar la mandíbula superior de su contrario.

También la hembra —algo más pequeña de tamaño—, que se introduce en el territorio dispuesta para el desove, es recibida en parte con el mismo repertorio de señales amenazadoras. También a ella le hace el macho señales con la cabeza, en movimientos cortos y rápidos de arriba abajo. También a ella la ataca el macho y le muerde la cabeza. Si la hembra está dispuesta para el desove responde positivamente a esta agresiva señal: entra nadando en la cueva, si el propio macho no la ha “escupido” ya, directamente, dentro de ella. Tan pronto como la hembra está en la cueva, cesan las agresiones. Por el contrario, el macho se hace a un lado, le deja sitio y se pone delante de la entrada, en una actitud no pocas veces protectora.

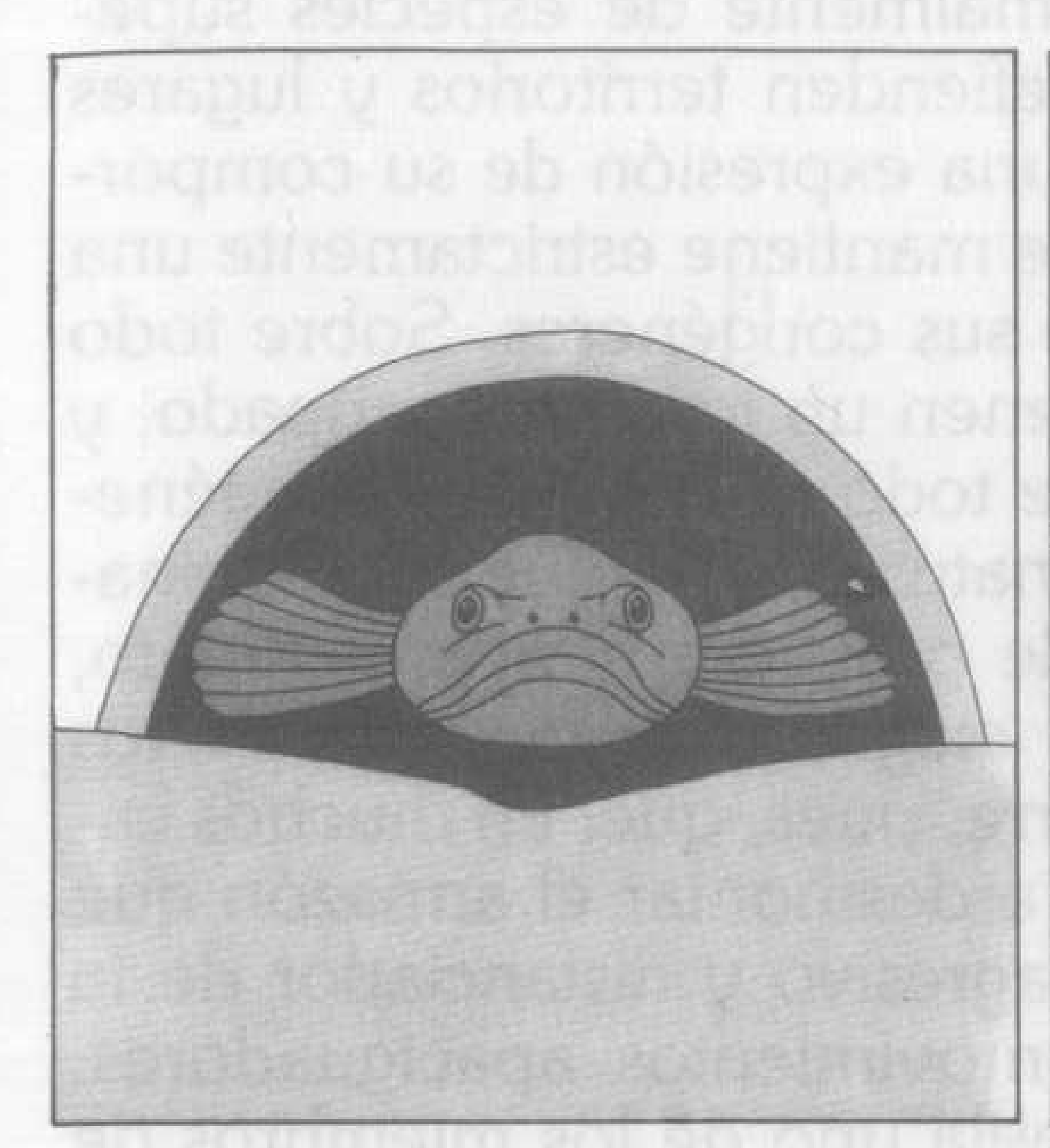
Mientras tanto, la hembra, puesta de espaldas, examina el techo de la cueva en la que más tarde pondrá sus huevos.

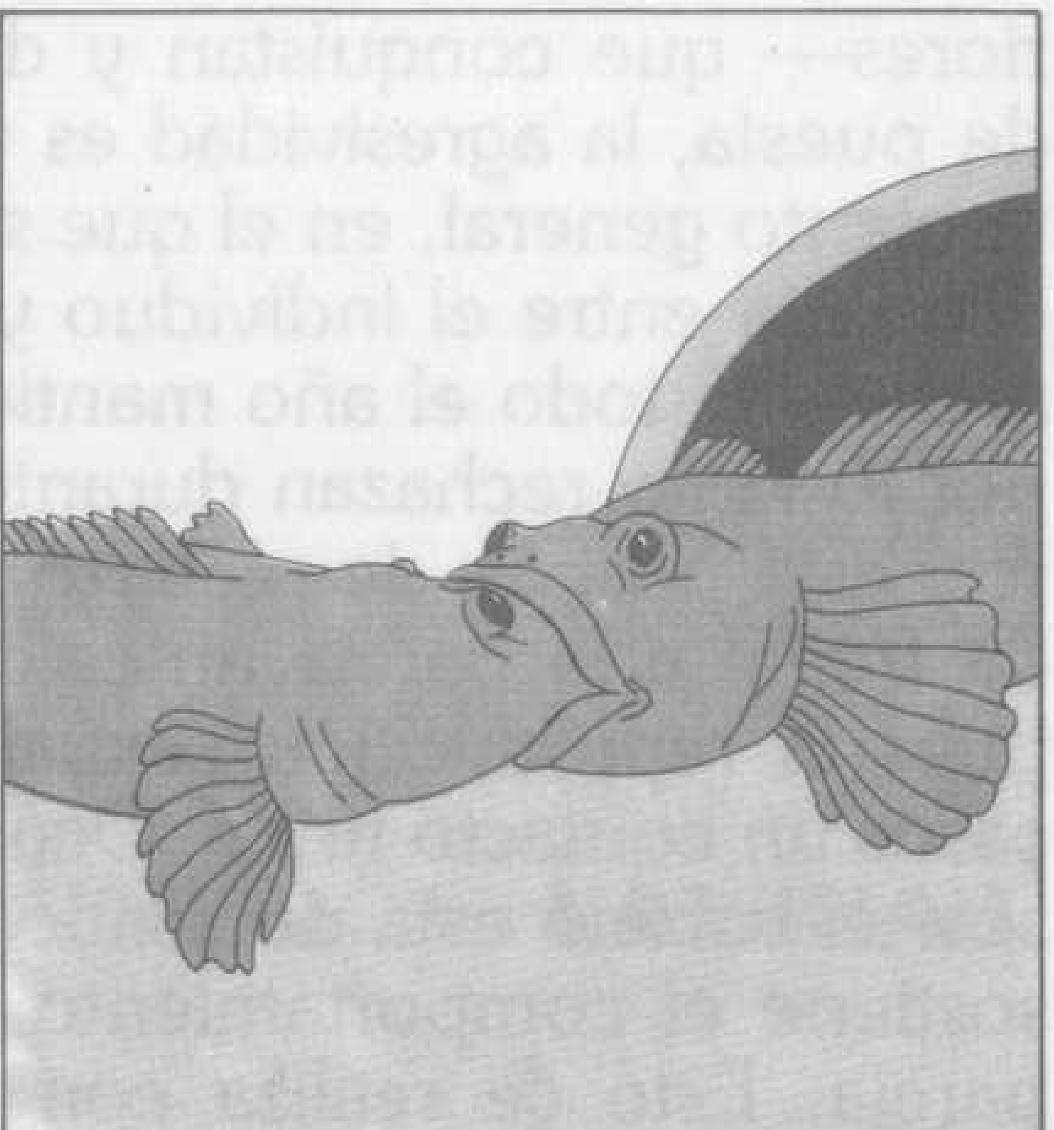
La preparación para el desove dura muchas horas. El macho, a todo esto, prosigue con el cortejo extendiendo las aletas, cabeceando y produciendo ondas. Y si se acerca otra hembra, acaba dentro de la cueva por el mismo procedimiento que la primera, de forma que no es raro ver a dos e incluso tres hembras diferentes haciendo sus preparativos para el desove en la cueva de un mismo macho. Tan pronto como la hembra o hembras han depositado los huevos en la parte interior del techo de la cueva y el macho los ha inseminado, ellas abandonan la cueva y al macho. El cuidado de los huevos y de las crías es tarea exclusiva de éste.

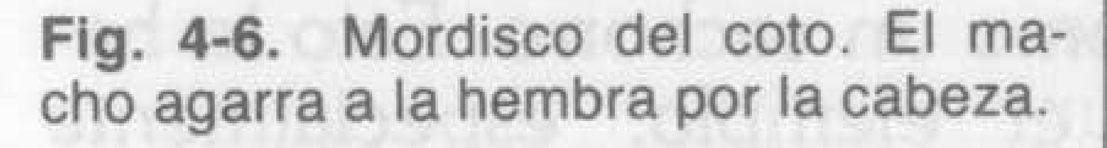
También en el caso del coto el territorio —o sea, la cueva— es de gran importancia durante el cortejo. También los cotos macho defienden su territorio contra los rivales, pero de una forma considerablemente más agresiva que las libélulas macho. Esta fuerte agresividad se manifiesta durante el período de celo frente a todos los intrusos, incluidas las hembras. Sólo empieza a ceder algo cuando una hembra entra obedientemente en el nido. Durante toda la cría se mantiene esta agresividad, lo cual es comprensible; e incluso es una condición necesaria para que los hijos puedan crecer sin ser molestados.

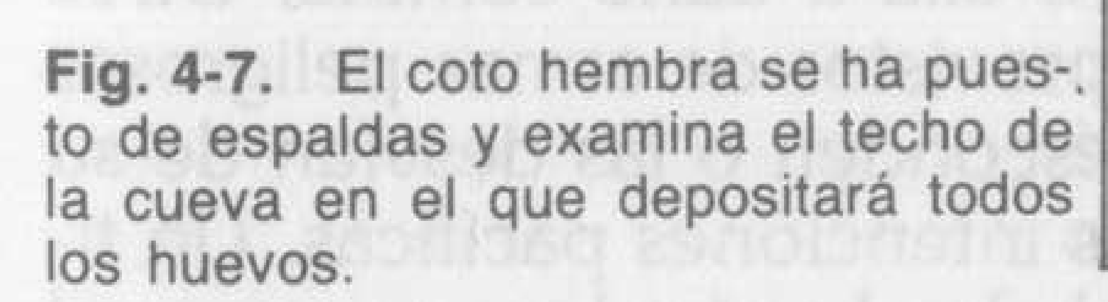
En todas las especies animales imaginables se pueden encontrar ejemplos de este comportamiento agresivo en los juegos de cortejo, a menudo sólo por parte del macho pero, ocasionalmente, también en las hembras. Esta agresividad, dirigida hacia los congéneres, puede tener distintos orígenes. Las especies animales rapaces, que habitualmente viven en solitario, lo primero que ven en un ser vivo que se mueve en libertad es una presa. Esto es especialmente cierto en el caso de las arañas*. Por eso, el apareamiento es para la araña macho una empresa extremadamente peligrosa. Para desviar la atención de la hembra de sí mismo y apaciguar al mismo tiempo su rapacidad, es costumbre de algunas arañas macho, y también del asilus macho, llevar a la novia un "regalo de bodas" (lámina 4-5). Mientras la hembra se distrae con el "regalo", chupándole el jugo, el macho lleva a buen término la cópula.

* El apartado que lleva el título "Inseminación 'manual'", en la página 135, estudia el cortejo y el apareamiento de las arañas.






Fig. 4-5. Coto macho en la entrada de su cueva artificial.


Fig. 4-6. Mordisco del coto. El macho agarra a la hembra por la cabeza.

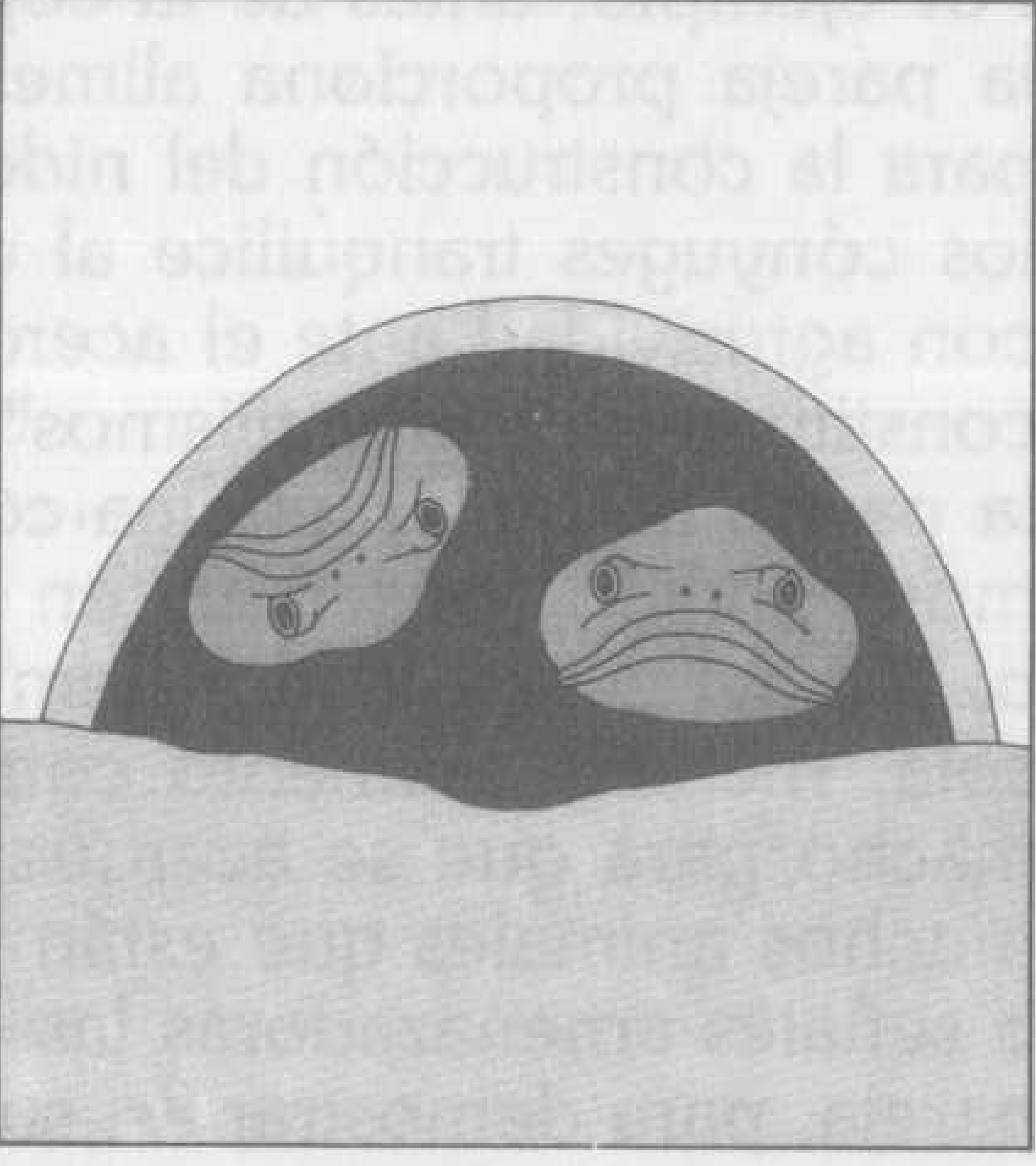


Fig. 4-7. El coto hembra se ha puesto de espaldas y examina el techo de la cueva en el que depositará todos los huevos.

En otros animales —normalmente de especies superiores— que conquistan y defienden territorios y lugares de puesta, la agresividad es una expresión de su comportamiento general, en el que se mantiene estrictamente una distancia entre el individuo y sus congéneres. Sobre todo si durante todo el año mantienen un territorio ocupado, y por lo tanto rechazan durante todo el año a sus congéneres, esta postura de rechazo natural tiene que ser eliminada frente a la pareja antes de proceder al apareamiento, pues la reproducción sexual exige en la mayoría de los casos un contacto físico. Ocurre, pues, que, en muchos casos, el cortejo está dedicado a desmontar el armazón que sostiene el comportamiento agresivo y distanciador de la pareja. Esto se realiza con movimientos apaciguadores. Por ejemplo, antes de la cópula uno de los miembros de la pareja proporciona alimento al otro o aporta material para la construcción del nido. Otra forma de que uno de los cónyuges tranquilice al otro, si este último reacciona con agresividad ante el acercamiento de un congénere, la constituyen los infantilismos*: el miembro apaciguador de la pareja llama y mendiga como un cachorro. Esto lo hemos podido observar en el ejemplo, especialmente bello, del petirrojo. La hembra, encogiendo las alas y la cola, mendiga alimento como un polluelo y atrae así al macho para que se acerque a ella a darle comida. Otros muchos animales que están provistos de armas peligrosas o señales amenazadoras las esconden o las desvían de su pareja, para demostrar así sus intenciones pacíficas. Un típico ejemplo de esta actitud de desviar las armas es el pico de las cigüeñas dirigido hacia atrás y plegado sobre el dorso. Finalmente, hay especies animales que intentan desviar la agresividad de su pareja hacia congéneres o rivales. Muchos ánsares y patos se asocian mediante un ataque en común contra los congéneres.

---

* *Infantilismos:* comportamiento infantil de un individuo adulto.

LÁMINAS

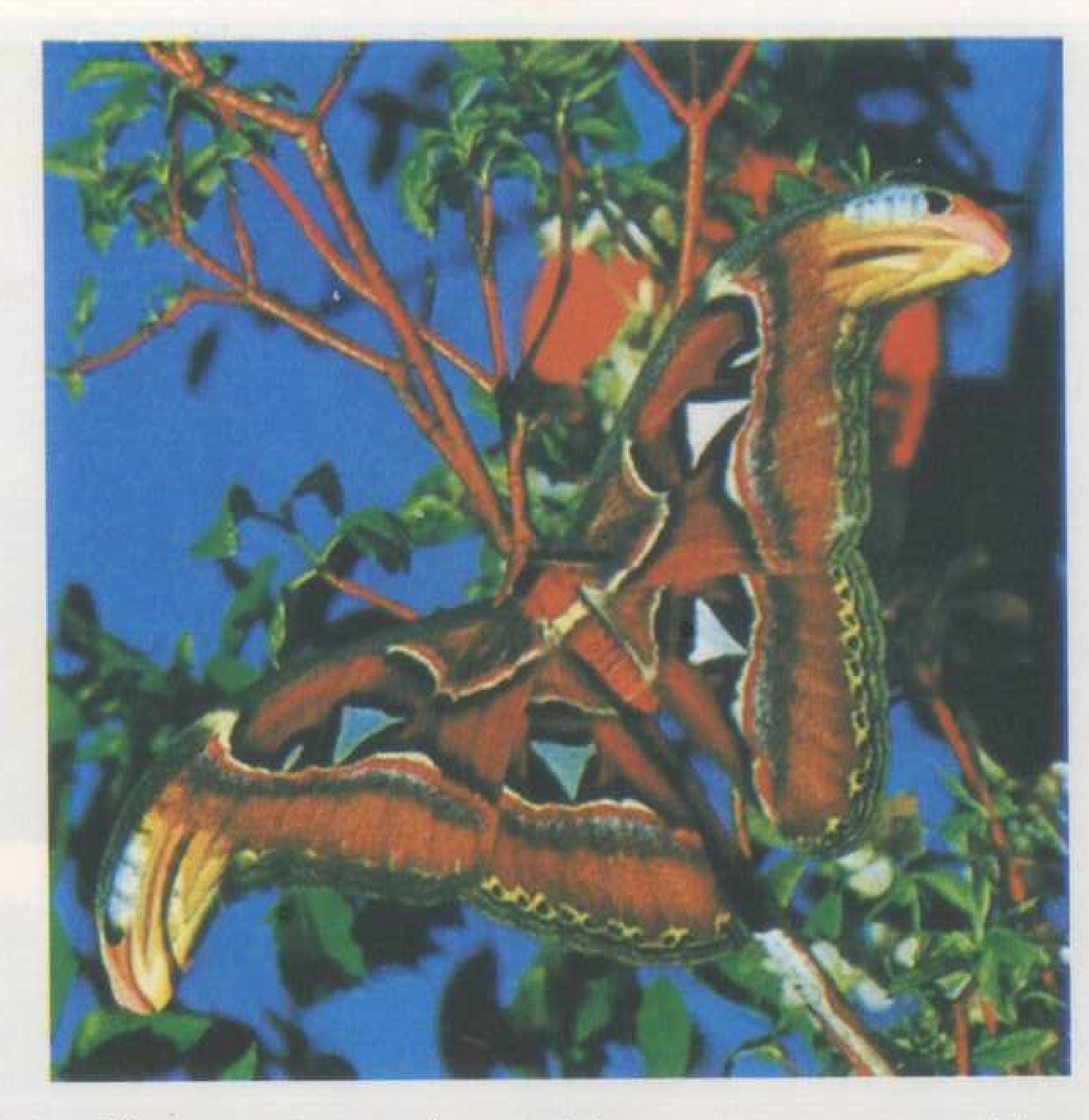


Lámina 2-1. Ninguna otra mariposa del mundo supera en el tamaño de las alas del Atlas *(Atacus atlas)*, originario de Formosa.

Lámina 1-1. Pareja de petirrojos. El macho y la hembra tienen exteriormente el mismo aspecto. El ornitólogo puede distinguir los dos sexos en época de apareamiento por sus diferencias de conducta.

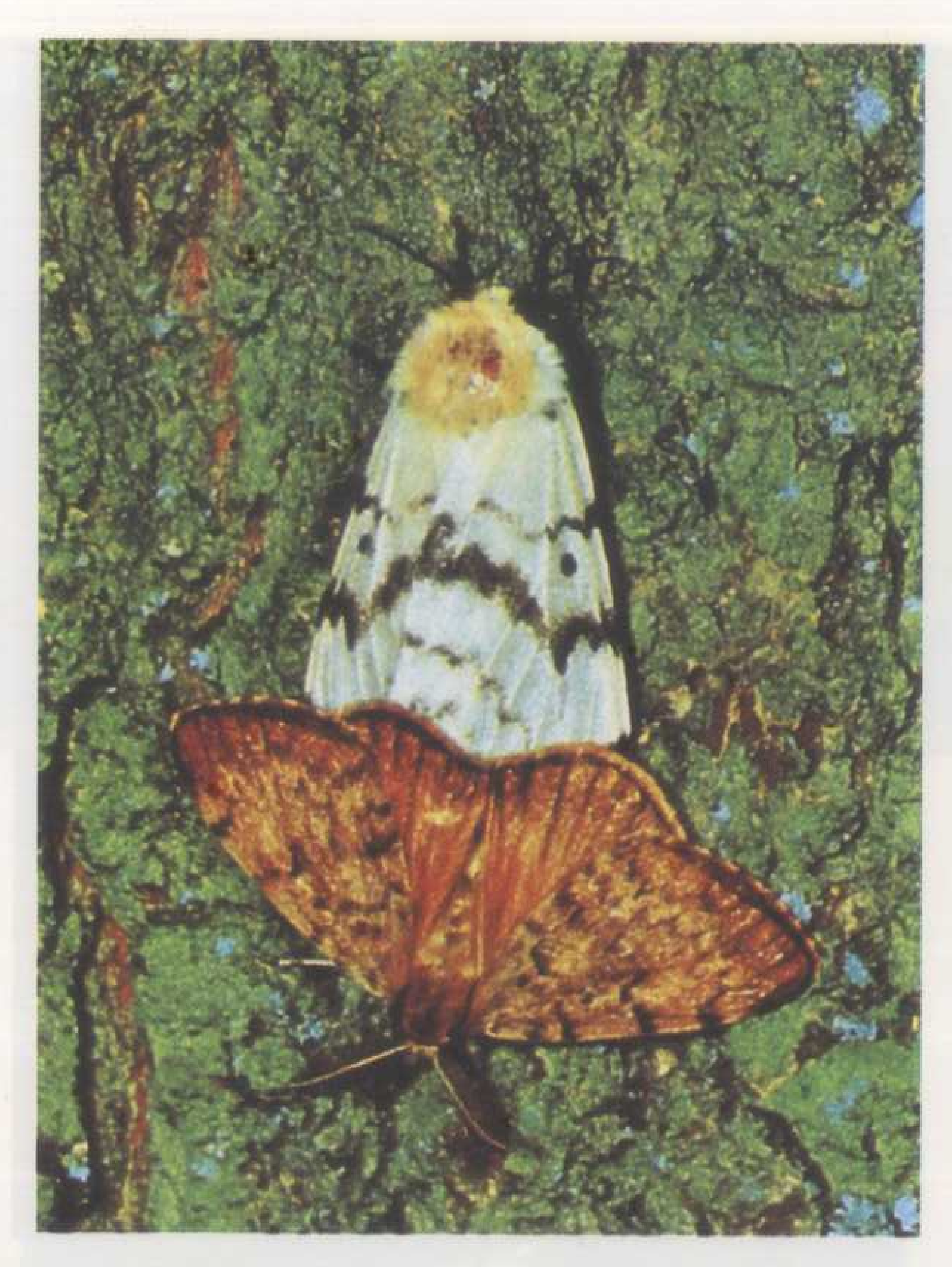


Lámina 2-3. Lagarta peluda durante el apareamiento *(in copula)*. El macho, de color pardusco, se diferencia claramente de la hembra, de color blanco sucio.

◀ **Lámina 2-2.** Las antenas del macho *Anthera* brotan de su cabeza como hojas de palmera.

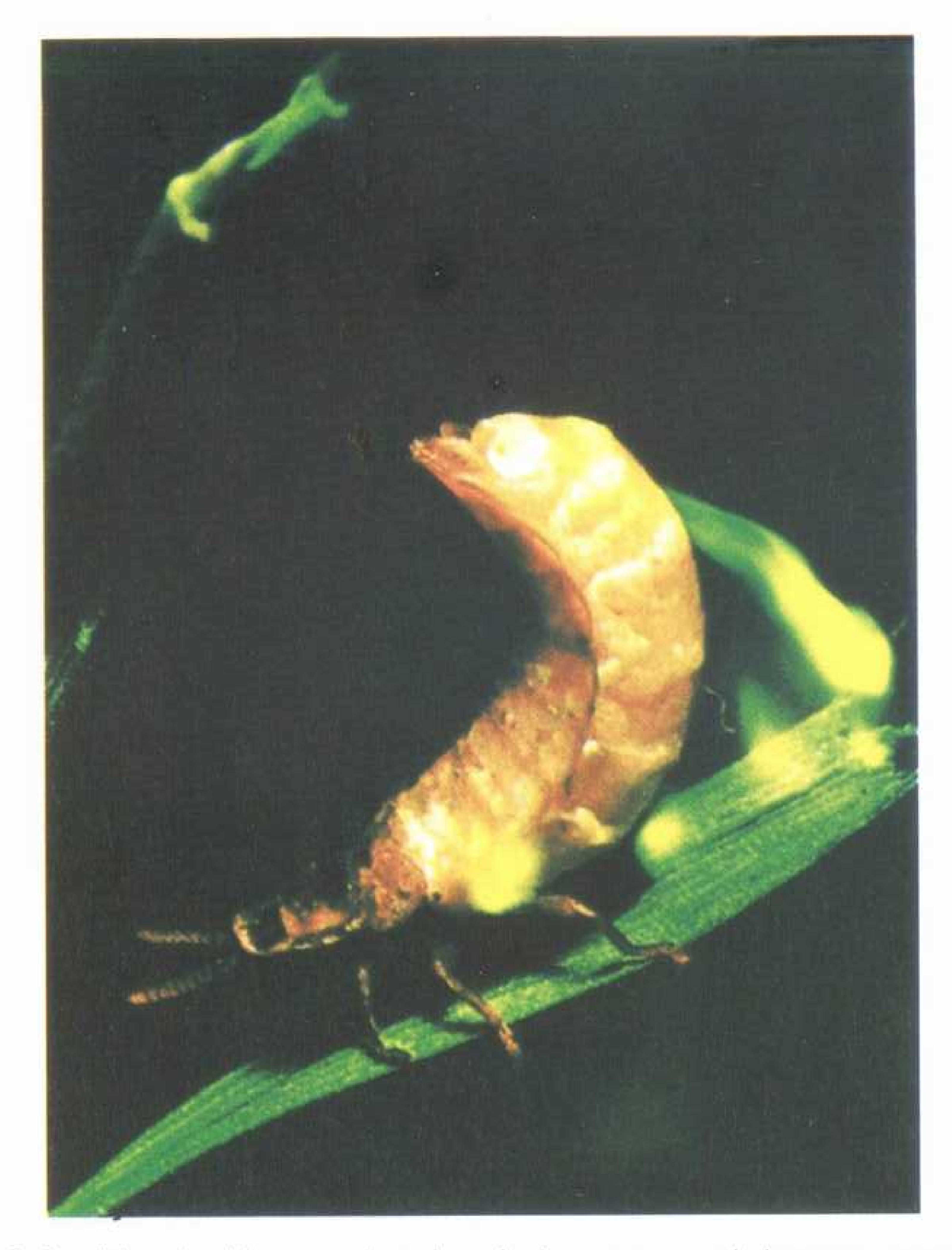


Lámina 2-4. Una luciérnaga hembra balancea su abdomen, curvado hacia arriba, y hace señales luminosas que posibiliten al macho un vuelo dirigido con toda precisión.

Lámina 2-5. Retrato de un espinoso macho con su traje nupcial ▶▲

Lámina 2-6. Pareja de espinosos durante el cortejo ▶

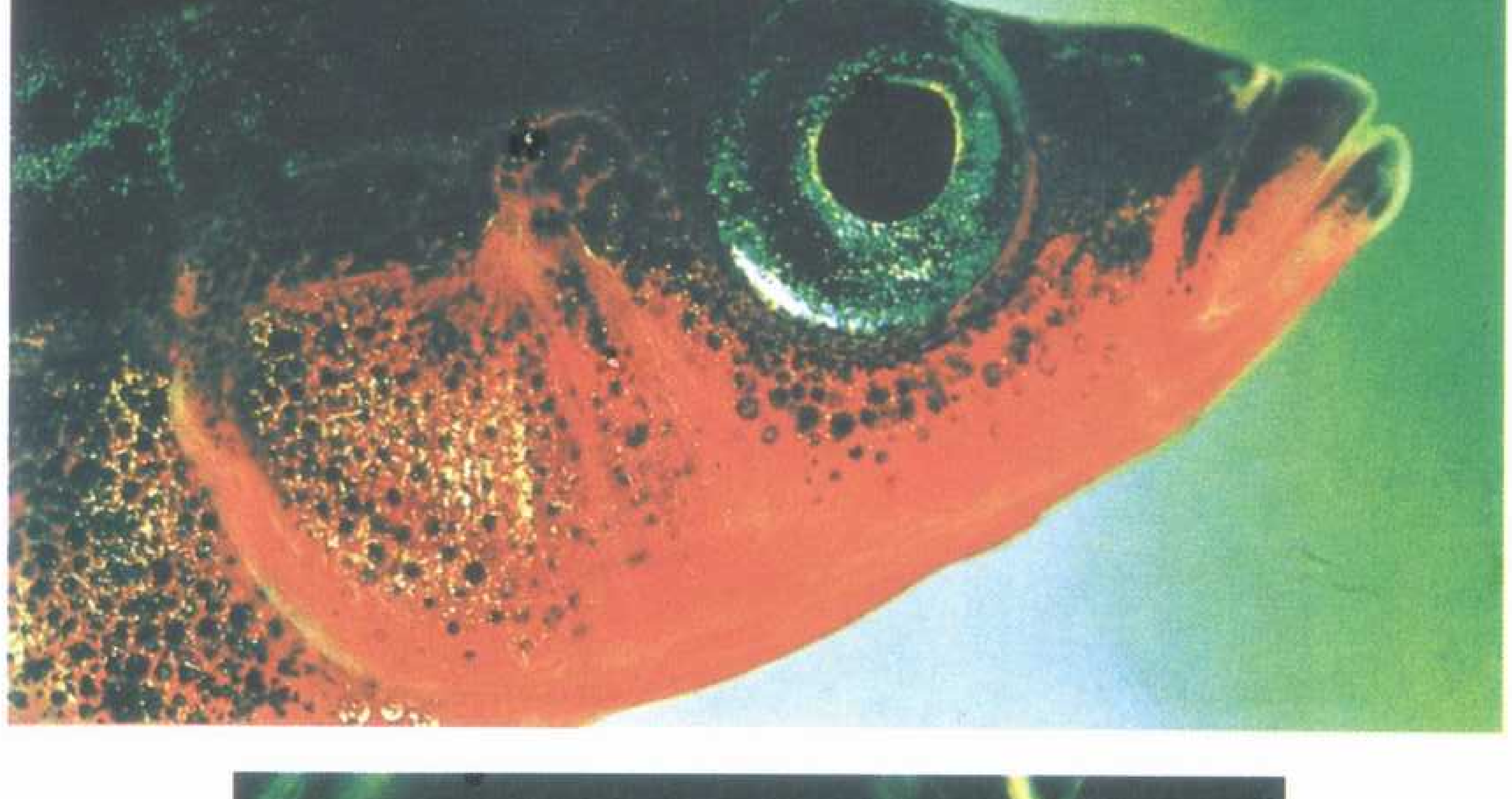






Lámina 2-7. El globo señalizador que se hincha en la garganta del rabihorcado macho tiene un luminoso color rojo. Este saco es como un globo, de los que normalmente llevan los niños, prendido al cuello del ave. Después de formada la pareja, se deshincha y se convierte en una pequeña calva roja.

Lámina 2-8. Microfotografía de la "lima" del grillo. Según la rapidez con que frote los ciento veinte dientecillos, se puede percibir un sonido más grave o más agudo. Por la altura del sonido, por su volumen y por su ritmo —dicho en una palabra, por sus características sonoras— se puede saber si el grillo macho está tratando de atraer a una hembra o de advertir a un rival. El canto nupcial, con el que el macho pretende mantener junto a él a la hembra, es especialmente agudo.

Lámina 2-9. El órgano auditivo (órgano timpánico) del grillo está situado en las patas anteriores. Estas dos minúsculas membranas apenas se pueden percibir a simple vista. Otros insectos tienen localizado el sentido auditivo en el abdomen, en el tórax, en el comienzo de las alas o en las antenas.

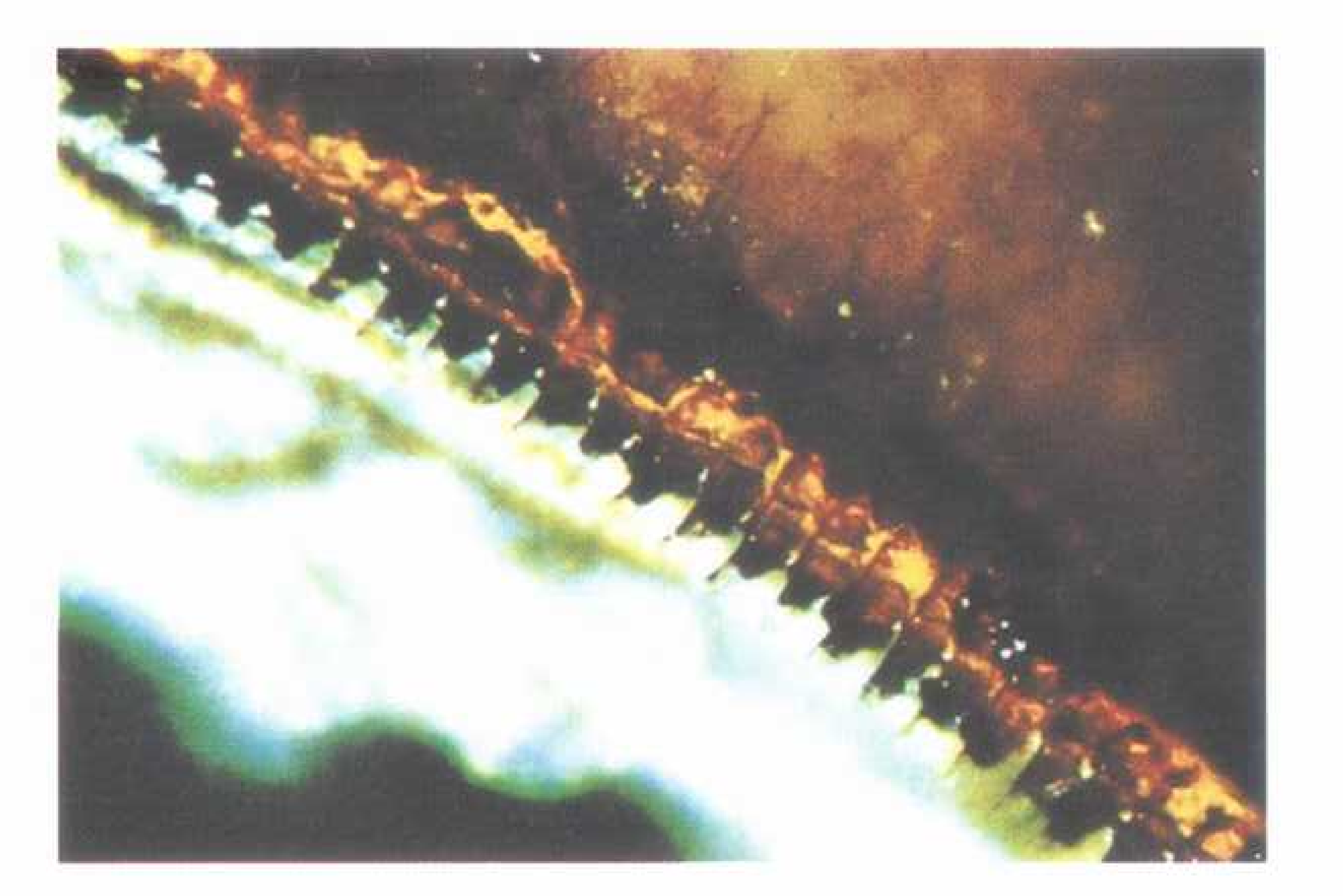






Lámina 2-10. Grillo macho cantando. Levanta las alas con un ángulo de, aproximadamente, 60 grados en relación al cuerpo y frota rápidamente las dos alas anteriores una contra otra.

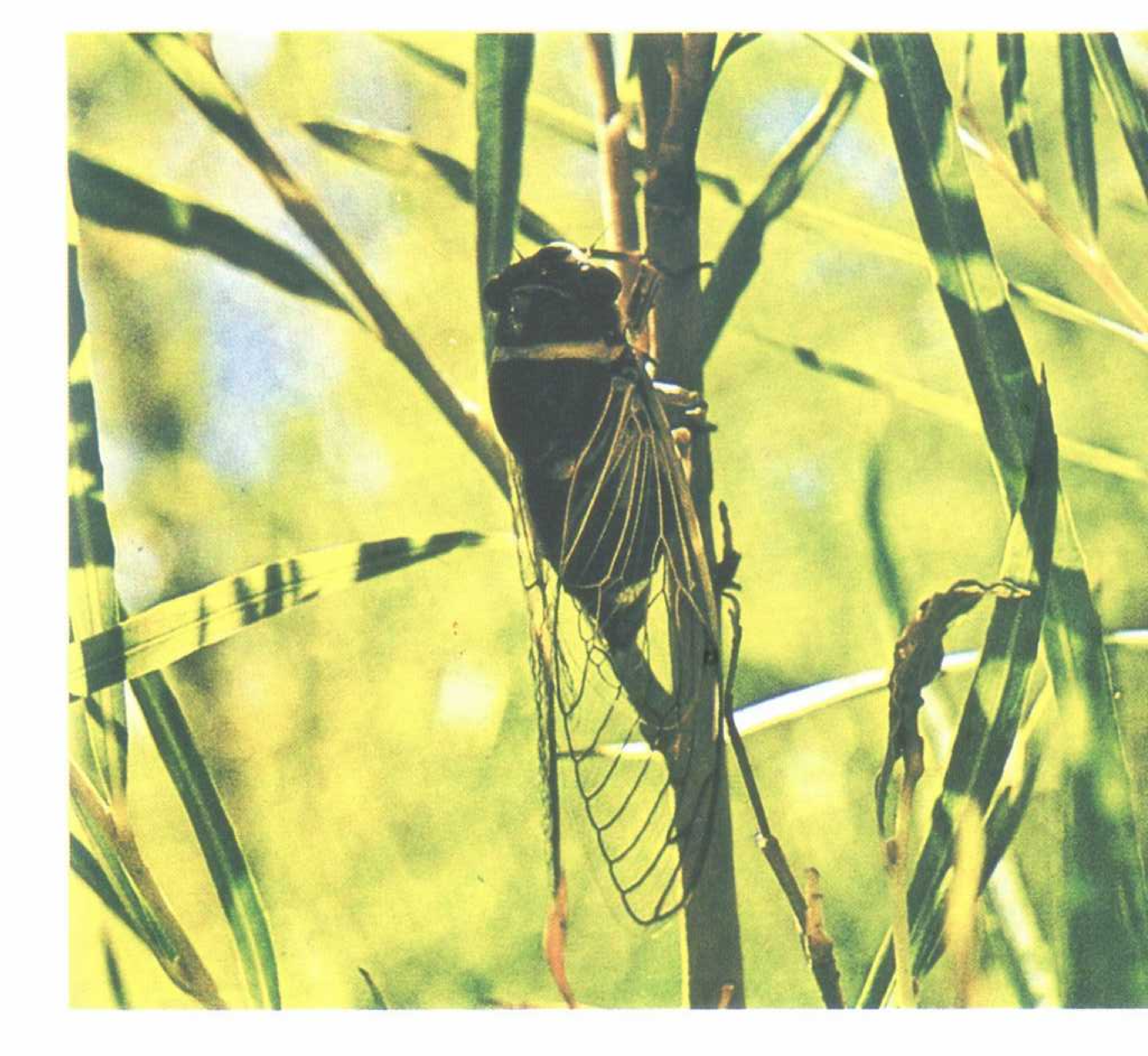


Lámina 2-11. Cigarra cantora del Gran Cañón del Colorado (EE.UU.).





Lámina 2-13. Los machos del sapo (arriba) y de la rana común (abajo) atraen a las hembras listas para el desove mediante señales acústicas. Al croar, mantienen la boca cerrada. El aire sale de los pulmones y pasando por la glotis llega hasta los sacos bucales, que sirve como caja de resonancia. Mientras que el sapo tiene, para aumentar el volumen del sonido, un saco bucal interno, la rana común desarrolla bajo los ángulos de la boca dos sacos bucales externos.

◀ **Lámina 2-12.** También los saltamontes producen sonidos por estridulación frotando las alas anteriores. En la foto se puede ver que el animal ha sido retratado en plena operación de canto por la falta de nitidez con que se percibe la región de las alas.

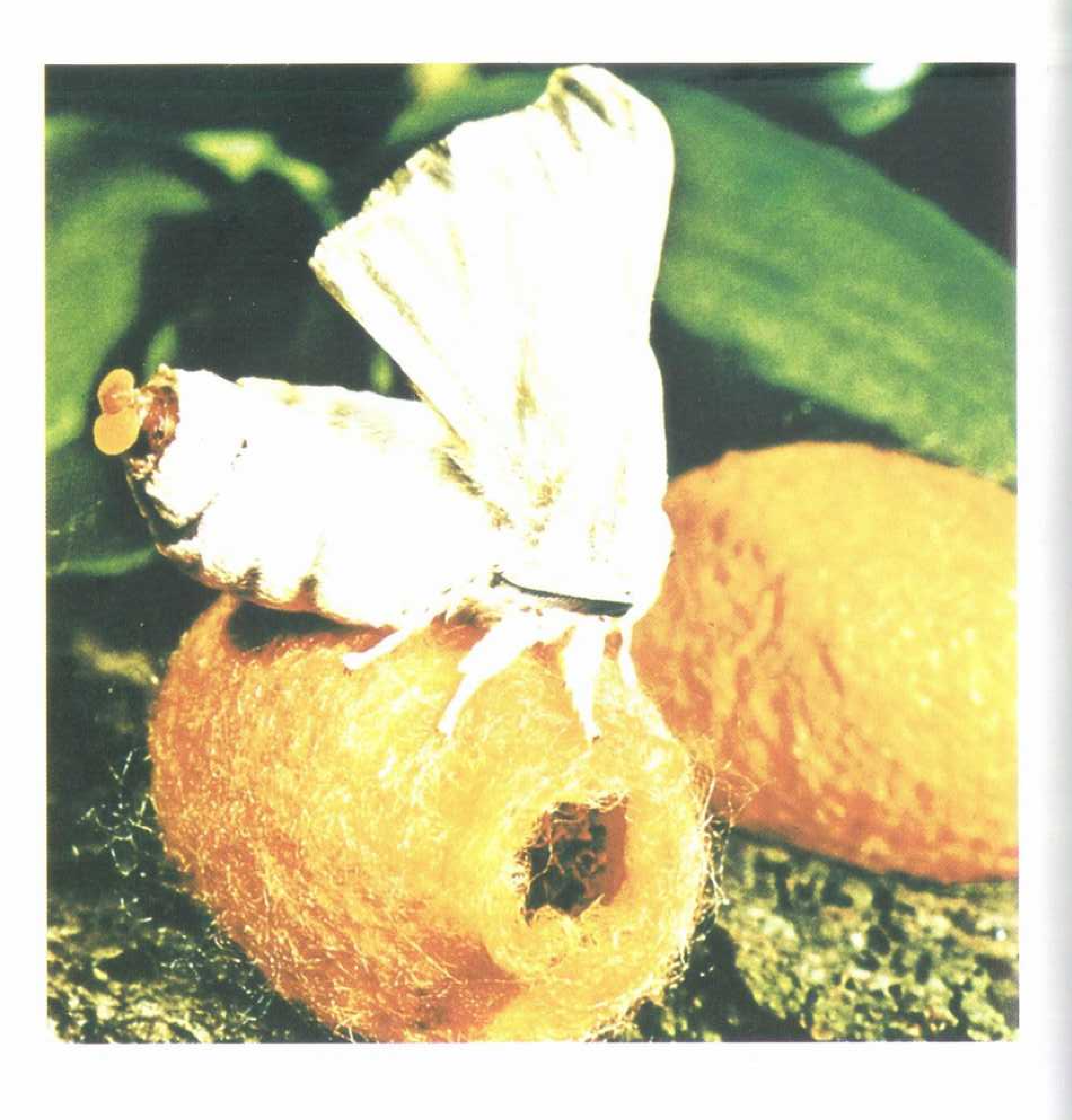


Lámina 3-1. Una mariposa de la seda salida del capullo. Todavía está posado sobre él cuando ya ha desplegado sus glándulas olorosas en el abdomen. Es, por lo tanto, una hembra.



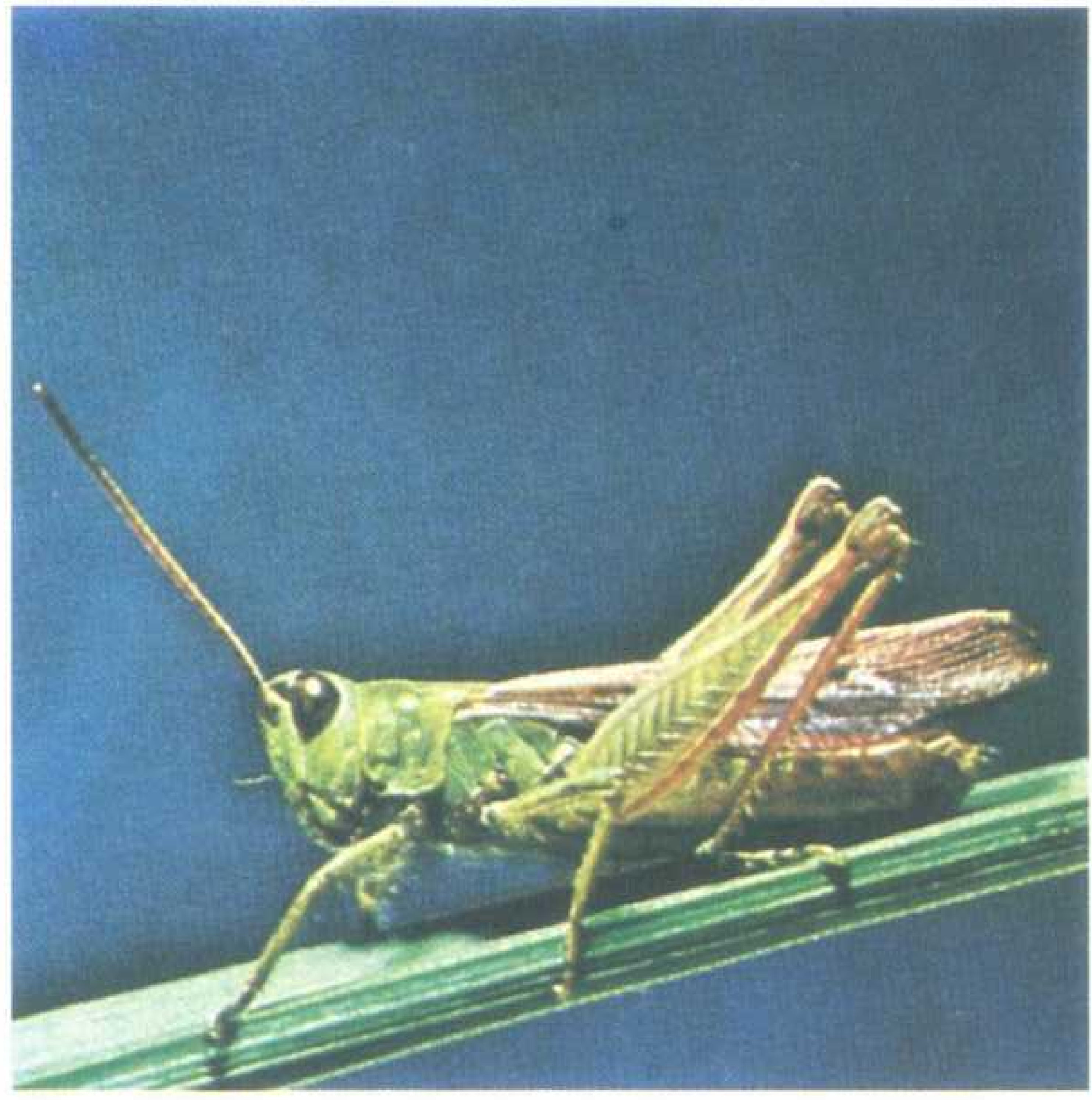


Lámina 3-2. Los dos tipos de saltamontes: *Chorthippus brunneus* (arriba) y *Chorthippus biguttulus* (abajo).

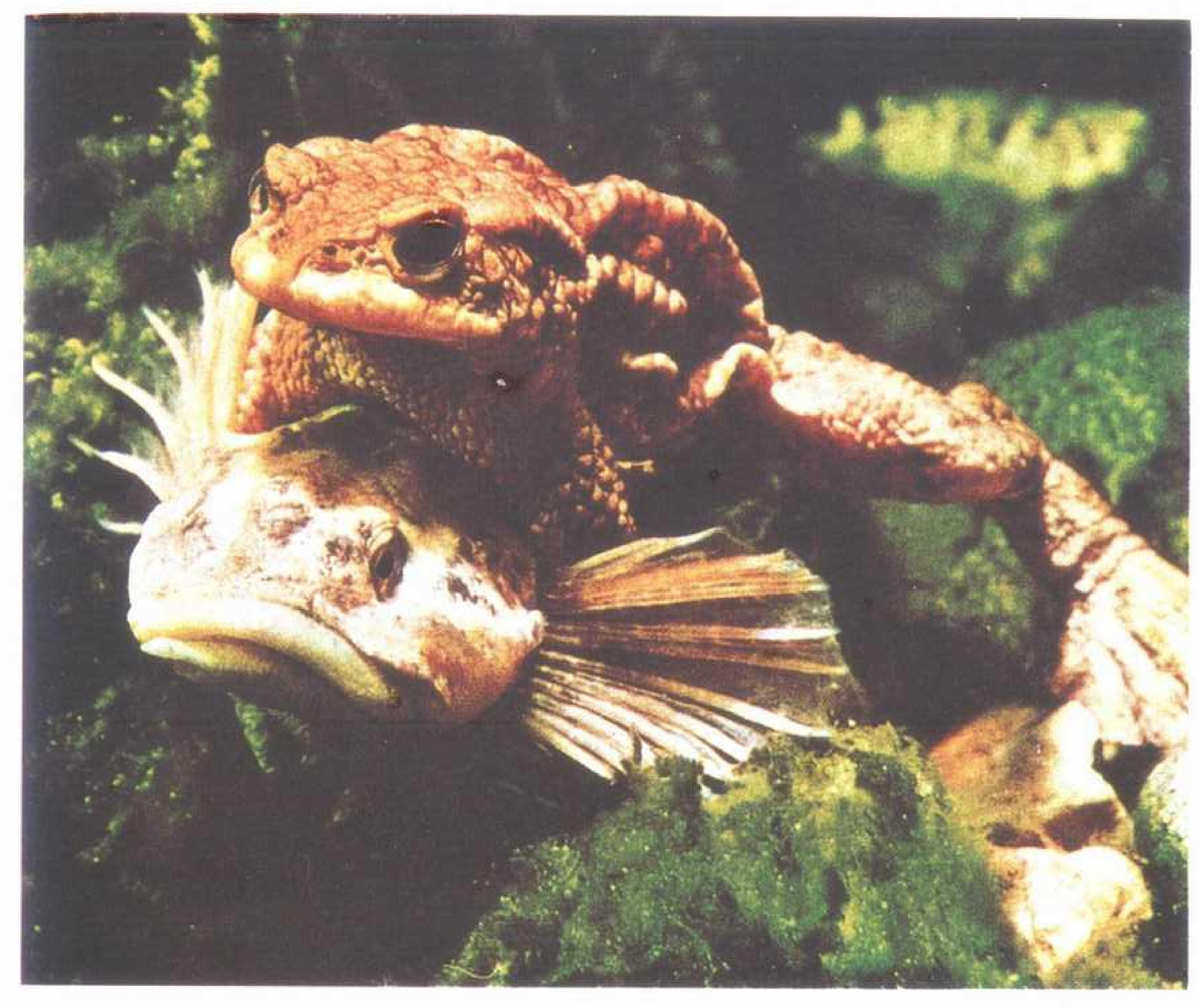


Lámina 3-4. En época de apareamiento, los batracios machos abrazan cualquier cosa que se mueva. Aquí, en un acuario, el sapo común macho ha sorprendido incluso a un pez, un coto.

Lámina 3-3. Los arginis viven preferentemente en claros del bosque.



Lámina 3-5. Pareja de camachuelos. Al contrario que con los petirrojos, en los camachuelos es fácil distinguir a los dos sexos. Los machos tienen el plumaje del vientre y del pecho de color rojo y las hembras de color gris pardusco.



Lámina 3-6. Pareja de currucas zarceras.







Lámina 4-1. Rueda de apareamiento del caballito del diablo de ala azul *(Calopteryx virgo)*. Transporte de semen del macho a la hembra. (Arriba.)

Lámina 4-2. Prensión con las tenazas. El macho de este caballito del diablo agarra con su apéndice abdominal a la hembra en la parte anterior del tórax.



Lámina 4-3. Macho del caballito del diablo *(Calopteryx splendens)* realizando la inseminación.

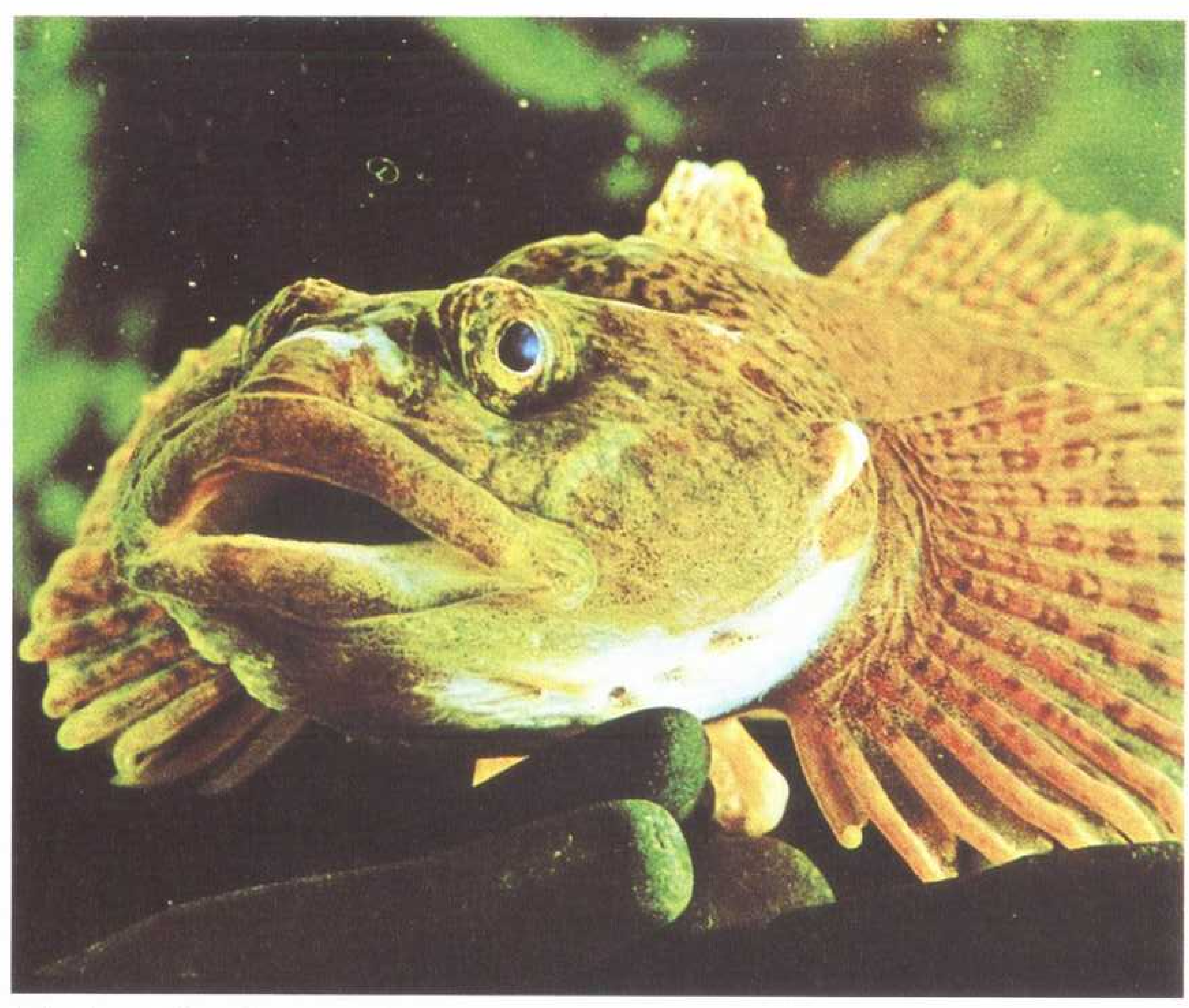


Lámina 4-4. Coto macho en actitud amenazadora.

Lámina 4-5. El asilus macho le ha traído un regalo de bodas a la hembra y ésta sujeta fuertemente el presente mientras tiene lugar la cópula.



Lámina 4-6. Dos ánades reales solicitan a una hembra.

JUEGOS DE SOCIEDAD Y CORTEJO DEL ÁNADE REAL

Los ánades reales habitan, preferentemente, en aguas tranquilas y quietas, siempre que sus orillas no sean escarpadas. También se les puede encontrar en charcas y, ocasionalmente, incluso en ríos, si las riberas están cubiertas por juncos o césped alto.

A principios del otoño —es decir, medio año antes de que empiece la puesta propiamente dicha— se reúne un número a veces muy considerable de ánades macho rodeados por un anillo gris y marrón de hembras para representar una función que vamos a investigar más detenidamente en las páginas siguientes. Desde la orilla de un lago observaremos con unos prismáticos qué es lo que ocurre allí, en la escena acuática.

Una docena larga de machos, con sus cabezas verdes, nadan muy cerca los unos de los otros. Un poco más allá nadan algunas hembras. Para el observador no iniciado no es más que un eterno ir de aquí para allá, arriba y abajo, gritos de “reb-reb”, sin orden ni sentido alguno. Mientras los machos están en constante movimiento, las hembras reposan en el agua como si con ellas no fuera la cosa. Pero, de repente, una hembra con el cuello estirado se lanza a través de la manada de patos. Éstos se enderezan en el agua a empujones, levantan la cola y echan la cabeza hacia atrás. Hay chapoteos en el agua y se oyen silbidos.

¿Qué se oculta tras este espectáculo, tras estos movimientos y formas de conducta?

Un gran número de ornitólogos y etólogos —a la cabeza de todos ellos Konrad Lorenz*— ha estudiado du-

---

* Konrad Lorenz ha publicado los resultados de sus investigaciones sobre el ánade real en el segundo tomo de *Consideraciones sobre las conductas animal y humana*, Plaza y Janés, Barcelona, 1976.

rante decenios intensiva y minuciosamente, este cortejo en sociedad de los ánades reales y otras aves acuáticas. Y han descubierto que este aparente desorden responde a un proceso muy complicado, pero seguido con gran precisión. Vamos a intentar ahora describirlo y explicarlo paso a paso.

El comienzo del juego de sociedad de los ánades reales es anunciado por una especie de ceremonia de saludo: los machos esconden el pico tras una de sus alas, un poco levantada, y frotan la parte inferior del pico contra el cañón de las plumas, lo que produce un "rrrr-rrr" audible desde lejos.

Al principio, parece como si el ánade estuviese acicalándose. Pero en realidad, este movimiento tiene una función totalmente distinta. Es una primera señal para el cortejo, mediante la cual se expone el vistoso colorido del plumaje, sobre todo del espejuelo. Este "acicalamiento aparente" del macho es considerado como un comportamiento de desviación*.

Tras el acicalamiento aparente, los machos beben, es decir, toman agua de la superficie. "Beber" es, entre los patos, un extendido gesto de saludo y de paz que también se puede observar fuera del cortejo.

Después de estos gestos introductorios, los machos adoptan la posición de salida para el cortejo en sociedad propiamente dicho. Nadan en la superficie del agua con la cabeza encojida y el plumaje del dorso alisado. Lorenz opina que esta postura inicial es una especie de imposición. A continuación, hay un "estiramiento convulsivo" más o menos violento según el grado de excitación. To-

* *Actividades de desviación:* son formas de comportamiento que, en su sentido más estricto, no están de acuerdo con la situación en que se encuadran. Aparecen en animales que se encuentran en una situación conflictiva. Dan siempre la impresión de encontrarse desconcertados y se salen del marco de la acción que en ese momento está teniendo lugar. Esto constituye una posibilidad para eliminar el exceso de excitación. Para el resto de los ánades reales el acicalamiento aparente de un macho en celo es una indicación del estado de ánimo en que se encuentra.

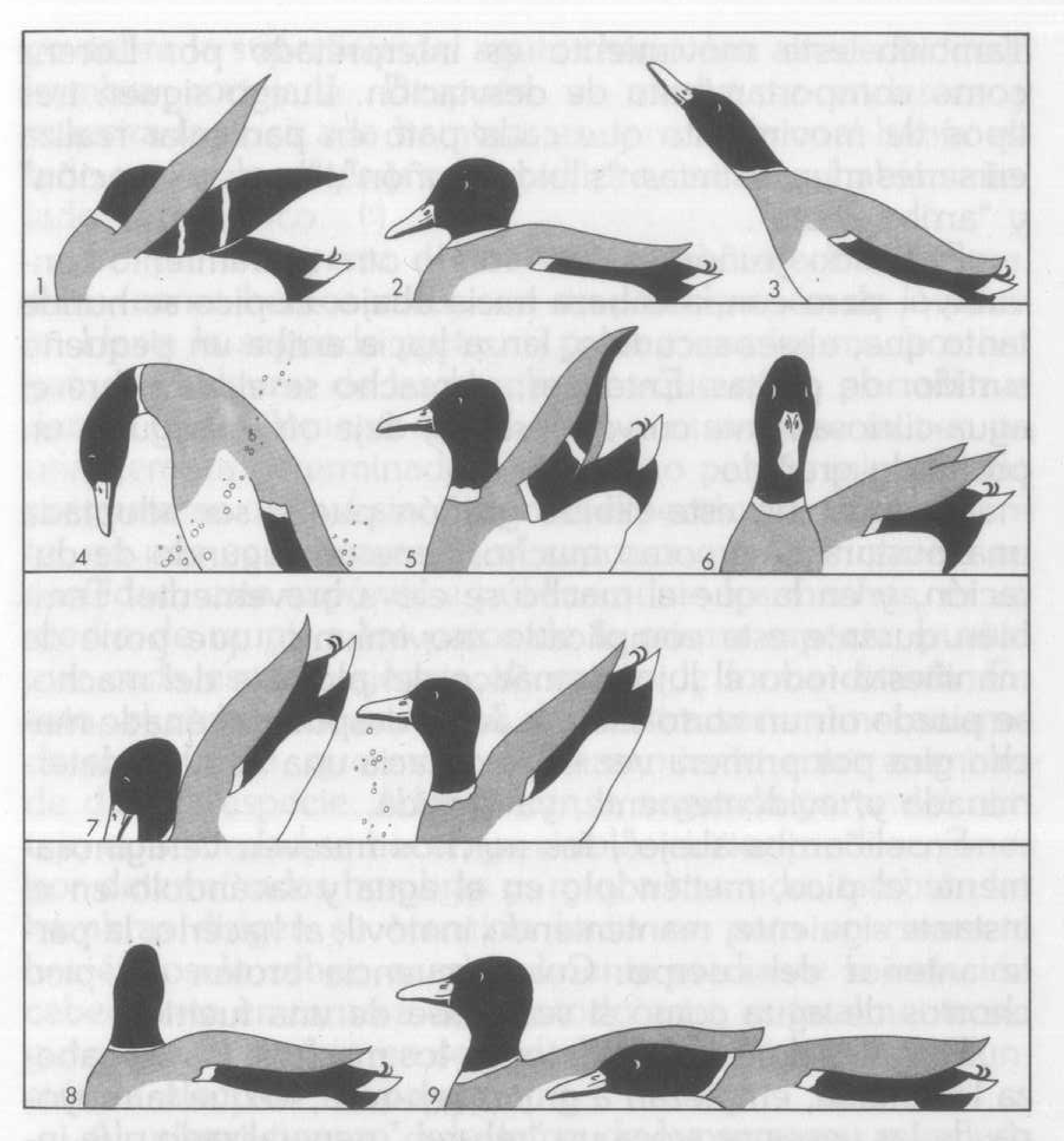


Fig. 4-8. Movimientos realizados por el ánade real macho durante el cortejo. 1) Acicalamiento aparente. 2) Posición de salida. 3) Estiramiento convulsivo. 4) Silbido gruñon. 5) Breve elevación. 6) Señalización de la hembra con el pico. 7) Movimiento de arriba abajo. 8) Giro de la nuca hacia la hembra. 9) Natación cabeceante.

davía siguen nadando sobre la superficie del agua cuando, de repente, estiran, por este orden, la cabeza, el cuello y la parte anterior del cuerpo hacia delante y hacia arriba. Este estiramiento convulsivo, al principio algo cohibido, se va haciendo más intenso cada vez que se repite.

También este movimiento es interpretado por Lorenz como comportamiento de desviación. Luego siguen tres tipos de movimiento que cada pato en particular realiza en series muy distintas: "silbido gruñón", "breve elevación" y "arriba-abajo".

El silbido gruñón es en el fondo otro estiramiento convulsivo, pero con la cabeza hacia abajo. El pico se hunde tanto que, al ser sacudido, lanza hacia arriba un pequeño surtidor de gotitas. Entonces, el macho se eleva sobre el agua curiosamente curvado, silba y deja oír en seguida un profundo gruñido.

En lugar de este silbido gruñón puede ser adoptada una postura que, como mucho, tiene un segundo de duración, y en la que el macho se eleva brevemente. También durante este complicado movimiento, que pone de manifiesto todo el lujo cromático del plumaje del macho, se puede oír un corto silbido. Justo después, el ánade macho gira por primera vez el pico hacia una hembra determinada y, evidentemente, ya elegida.

En el "arriba-abajo", los machos mueven vertiginosamente el pico, metiéndolo en el agua y sacándolo en el instante siguiente, manteniendo inmóvil, al hacerlo, la parte anterior del cuerpo. Con frecuencia brotan del pico chorros de agua como si se tratase de una fuente.

Después de este movimiento, los machos, con la cabeza levantada, empiezan a gritar "reb-reb", lo que la mayoría de las veces provoca un "reb-reb" generalizado que interrumpe transitoriamente el cortejo en sociedad.

El "arriba-abajo" puede ser interpretado, quizá, como una acción ritualizada de beber*.

A estas tres formas simultáneas de comportamiento se suma con frecuencia, lo que se ha dado en llamar "natación cabeceante" de los machos. Éstos, estirados a lo largo sobre la superficie del agua, chapotean alrededor de la hembra cortejada. Después, el macho se endereza y muestra la nuca a la hembra, en torno a la cual había estado nadando antes y a la que, previamente, había señalado con el pico.

* Por "acción ritualizada de beber" se entiende una acción de beber simbólica, un "hacer como si se estuviese bebiendo".

La primera parte del cortejo en sociedad transcurre, pues, como hemos visto, casi sin participación de la pareja. Hasta la segunda parte no parece que los machos hagan caso alguno de las hembras —que están por allí nadando tranquilamente en el agua— ni se especialicen en una hembra determinada. Por eso no parece injustificado preguntarse de qué sirve todo el espectáculo. Seguramente, no nos equivocaremos al suponer que este cortejo en sociedad, este exponerse públicamente los machos, es un medio de reunir a los patos de la misma especie, puesto que cada especie ejecuta el cortejo de forma distinta. En esto, el cortejo en sociedad demuestra ser un mecanismo de aislamiento, que evita el apareamiento entre animales de distinta especie. Además, en la segunda parte del cortejo en sociedad se hacen ya visibles ciertas predilecciones por determinadas hembras y, muy a menudo, también las hembras dirigen su atención hacia un pato en concreto haciéndoselo saber, ocasionalmente mediante la natación cabeceante en torno a él; por todo esto, es totalmente seguro que el cortejo en sociedad también tiene como función la elección de pareja.

Al mismo tiempo, a lo largo de las semanas e incluso meses que dura, el cortejo en sociedad tiene como efecto una estimulación sexual de cada uno de los animales en particular, una especie de "ponerse de acuerdo" (sincronización*).

Si, durante el largo período de tiempo que dura el cortejo en sociedad, una pareja se ha encontrado, se ha unido y, como decimos en las relaciones humanas, se ha

* El capítulo 6 se ocupa del cortejo como medio para conseguir la sincronización.

"prometido", entonces, a finales de marzo y principios de abril tiene lugar fuera del grupo un breve cortejo privado ya totalmente dirigido a la propia pareja. Este cortejo está caracterizado por el acicalamiento aparente, la bebida y el giro de nuca hacia la pareja. Al final, los dos miembros de la pareja se indican mutuamente su disposición a la cópula. Por último, la hembra se estira a lo largo sobre el agua y el pato la "monta", es decir, lleva a cabo el coito.

No hablaremos aquí del breve poscortejo del macho.

Así pues, el cortejo individual entre macho y hembra es relativamente simple. Es muy parecido o incluso igual en todas las especies de patos, o sea, que no es en absoluto típico de cada especie y, por lo tanto, tampoco es útil como mecanismo de aislamiento. El cortejo en pareja es una acción totalmente dirigida al compañero. Su función principal es, con seguridad, lograr un acuerdo total entre los dos miembros de la pareja, una concordancia en la disposición para el apareamiento. Además, mediante la constante repetición de las sencillas señales y frecuentes coitos, se afirma la consistencia de la pareja.

LA MARCHA NUPCIAL DE LAS GACELAS THOMSON

Hasta ahora nos hemos esforzado por observar y explicar los fenómenos de la búsqueda y conquista de pareja en animales que viven en nuestro mismo entorno. En nuestro próximo ejemplo, sin embargo, nos dirigiremos hacia el este de África para estudiar el comportamiento de las gacelas Thomson durante el apareamiento. Esto no excluye que el visitante de un zoológico pueda observar las gacelas Thomson durante el apareamiento, aunque, naturalmente, en cautiverio.

Las gacelas Thomson viven en grandes manadas en las tierras altas del este de África. Ya en el aspecto exterior se puede reconocer a los machos por sus cuernos largos

y poderosos y a las hembras por los suyos, comparativamente delgados y cortos. Durante una parte del año las gacelas Thommy, como también se las llama, vagabundean en manadas abiertas, lo que quiere decir que los miembros de la manada van y vienen y tiene lugar un constante intercambio de miembros ("socios") entre los distintos grupos.

Cuando el instinto de emigración se apacigua, las manadas mixtas se dividen en manadas de machos y de hembras. Poco después se separan de las manadas de machos algunos ejemplares. Su instinto social se debilita cada vez más y en su lugar aparece un comportamiento distanciador. Cada uno de los machos se deshace de los demás agresivamente y permanece en medio de un territorio que rara vez supera un área de trescientos metros de largo por cien de ancho. Este territorio, un trozo de estepa, es exactamente delimitado en los días siguientes. El macho demarca su campo y da a conocer sus pretensiones territoriales a todos sus congéneres, en parte, con señales de orina y heces, y, en parte, rociando varios cientos de arbustos con las glándulas que tiene situadas delante de los ojos*. A estas señales olorosas se añade también una señal óptica. El macho recorre una y otra vez los límites de su territorio moviendo la cola, con lo cual podemos estar seguros de que la cola negra también tiene una función señalizadora. Los rivales que invaden el pequeño territorio son retados a duelo de inmediato. Mediante un feroz, pero incruento, intercambio de golpes con la cornamenta se decide quién es el más fuerte y, por lo tanto, el propietario del territorio.

Durante este tiempo ya se ha tendido sobre la estepa una red invisible de territorios individuales. Por todas partes se pueden ver machos Thompson en sus territorios.

---

* Véase también la breve observación sobre las sustancias de atracción sexual de los ungulados que se encuentra en la página 27

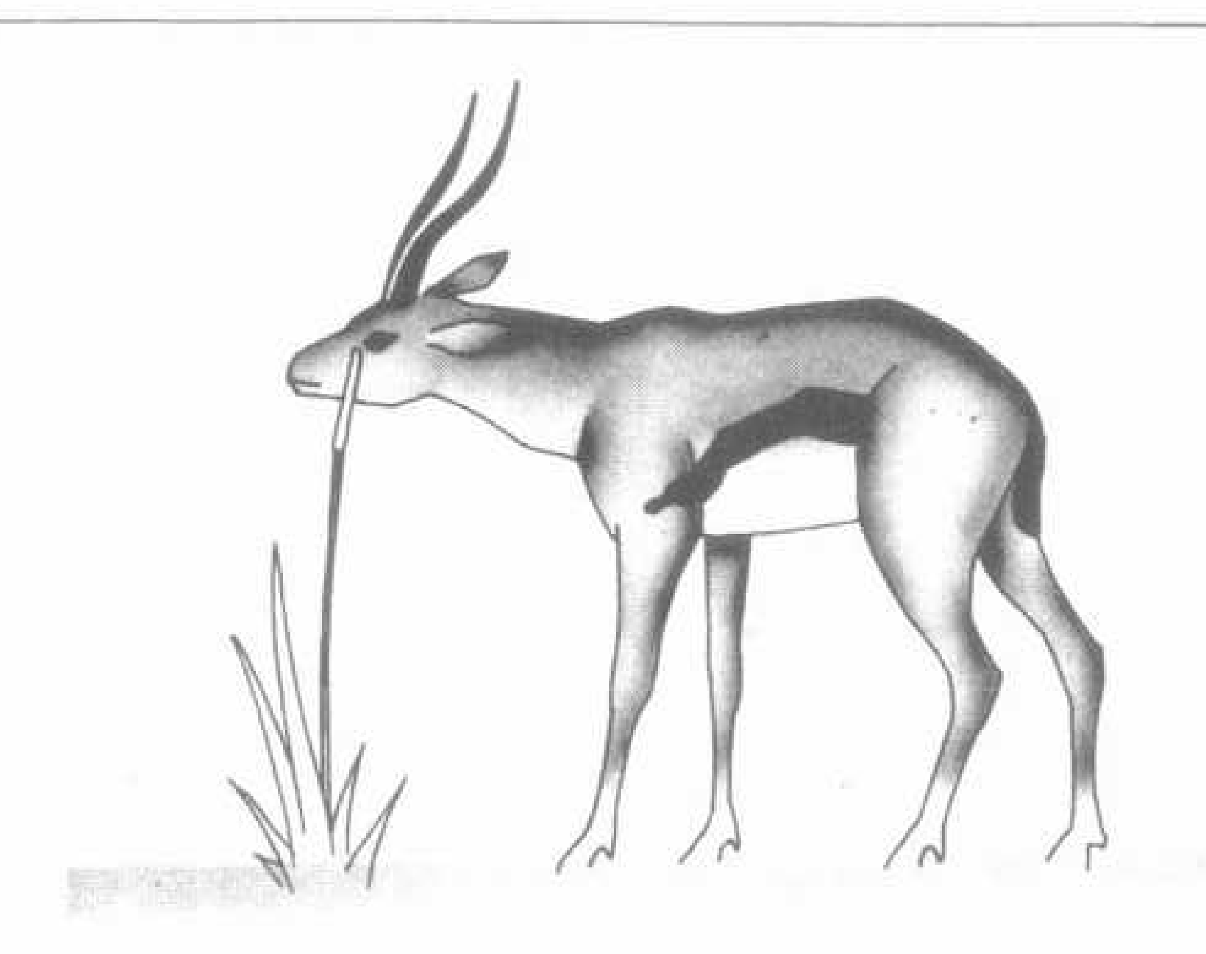


Fig. 4-9. Una gacela Thomson macho señala un arbusto con la glándula que tiene situada delante del ojo.

Entre éstos hay estrechas franjas de tierra de nadie por las que se mueven las hembras con crías.

Mientras, las demás hembras, sin crías, recorren paciendo la estepa. Tan pronto como atraviesan un territorio, el macho que lo ocupa intenta retener, al menos a alguna de las hembras. Con el cuello y la cabeza estirados horizontalmente rodea a alguna de las gacelas e intenta empujarlas hacia el centro de su campo. Si las hembras huyen y al hacerlo pasan a un territorio vecino, el propietario de éste reta inmediatamente a luchar al perseguidor.

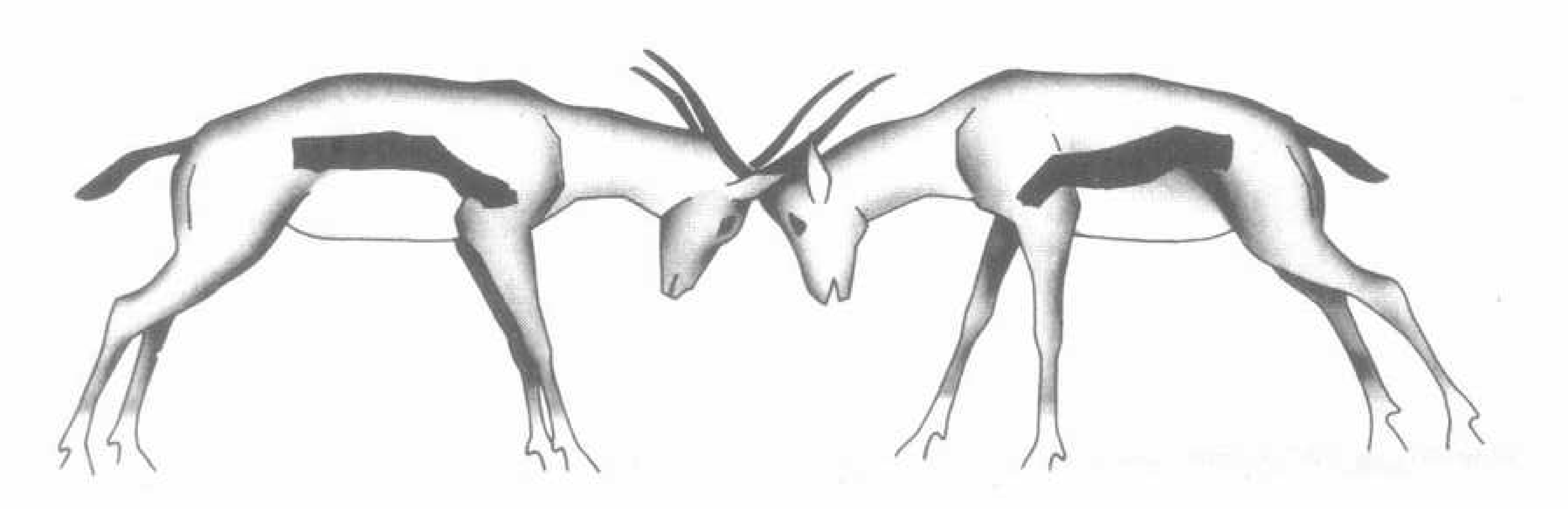
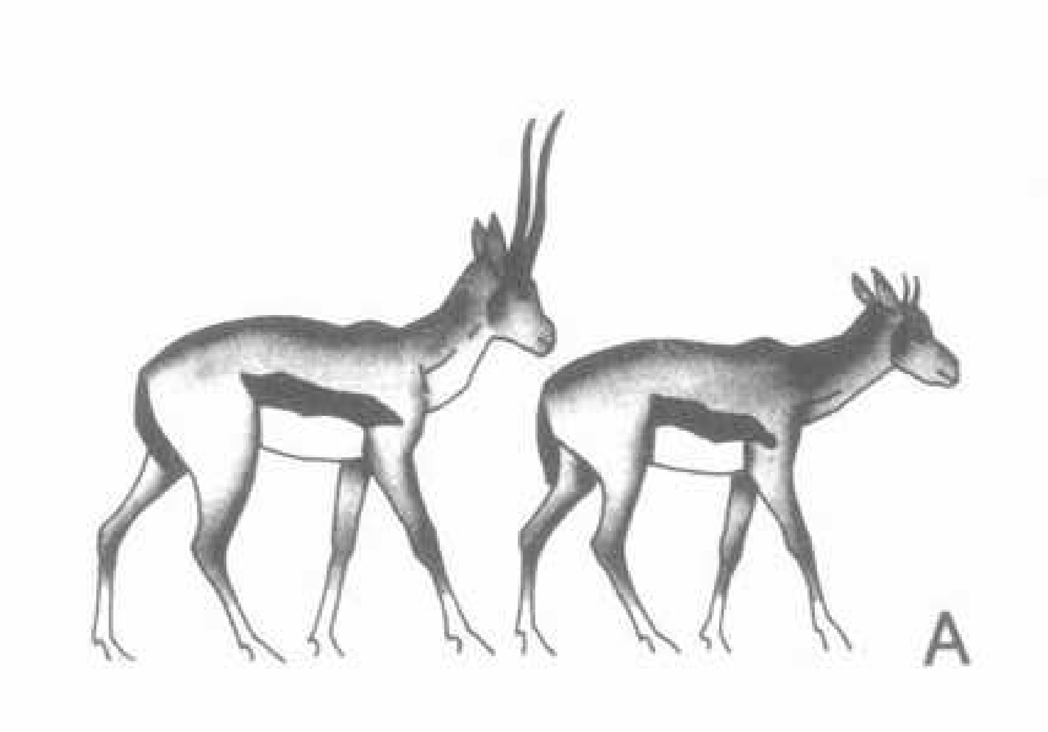
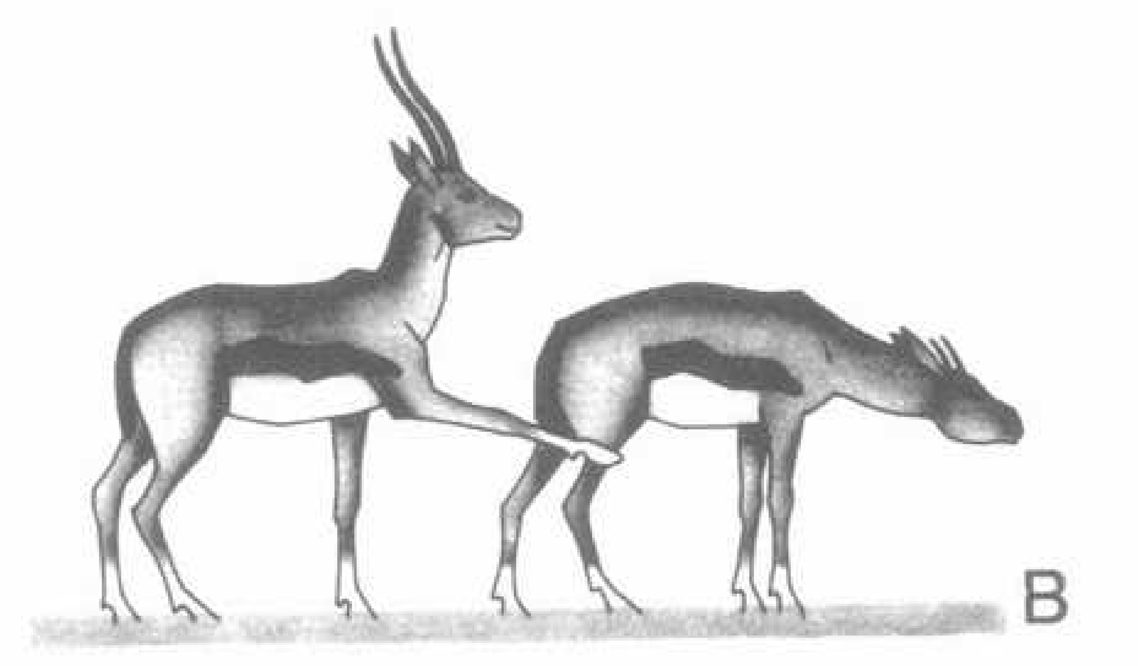


Fig. 4-10. Los machos, frente con frente, con los cuernos entrecruzados, intentan hacer retroceder el uno al otro.

Al principio, las hembras cambian con frecuencia de territorio hasta que —quizá por un cierto cansancio— se quedan con un macho determinado y orinan en su campo. Inmediatamente, el macho examina la orina. Es probable que la índole olorosa de ésta le permita saber cuál es el estado receptivo de la hembra, es decir, hasta dónde ha progresado su disposición para el apareamiento. Poco después, el macho examina olfativamente a la hembra por detrás (control anal). Ocasionalmente, la hembra olfatea también el pene del macho. El examen de los olores parece tener, en su conjunto, una gran importancia. El interés del macho se va centrando cada vez más sobre una sola hembra, mientras las demás permanecen tranquilamente en el centro del territorio.

En la siguiente fase del proceso, el macho se comporta frente a la gacela como antes, cuando intentaba retenerla





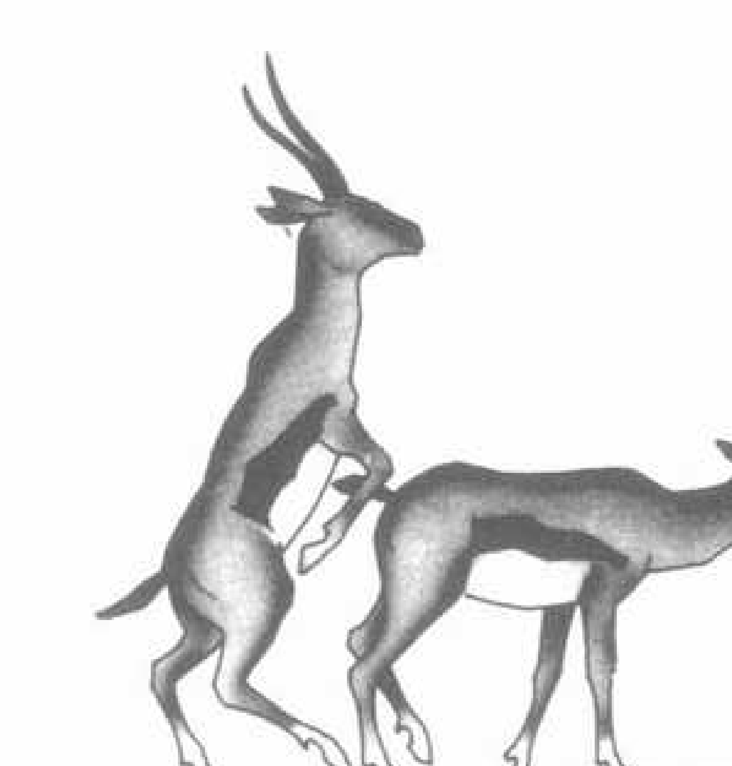


Fig. 4-11. Marcha nupcial (A), golpe en marcha (B) y salto (C) de la gacela Thomson.

en su territorio. Finalmente levanta la cabeza empinada hacia arriba y con su pata delantera golpea a la hembra en una especie de redoble. Todo esto sucede en marcha, mientras van a paso ligero o, en ocasiones, al trote. Este redoble parece ser un elemento esencial del comportamiento nupcial como expresión de una fuerte agresividad.

Muy a menudo ocurre que, al llegar a este punto, la hembra no está tan dispuesta para el apareamiento como el macho y rehúsa el resto del cortejo, ya sea aumentando la velocidad de la marcha, ya sea retirándose. Al hacerlo, a veces golpea el aire con las patas tras un salto en ángulo.

A esta fase sigue la marcha nupcial, notablemente más tranquila. El macho sigue a la hembra muy de cerca con la nariz muy pegada al arranque de la cola de ella. De repente el macho levanta la cabeza, se impone con la cornamenta y alza una pata delantera para golpear a la hembra en marcha. Pero esta vez la pata solamente acaricia la parte superior del anca de la hembra; con ello, el gesto sigue teniendo un cariz agresivo, pero está ya totalmente ritualizado*. Por último, el macho salta en marcha sobre la hembra, con la cabeza y el cuello muy estirados hacia arriba y el cuerpo muy erguido. La mayoría de las veces la cópula fracasa en el primer intento. La hembra, como señal de su disposición al apareamiento, aparta la cola horizontalmente hacia un lado. La cópula en marcha sólo se realiza con éxito tras numerosos intentos, en que el macho salta una y otra vez sobre la hembra (lámina 4-7).

Después del coito, el macho se aparta y se acicala o pace. Y al cabo de media hora empieza de nuevo el proceso con otra o con la misma hembra.

Reconsideremos una vez más las diferentes fases del cortejo resumiéndolas e intentando explicarlas: en una

* Golpe en marcha ritualizado: también aquí —como en la acción ritualizada de beber del ánade real— se trata de un golpe simbólico, de un "hacer como si"

fase previa, el macho prepara el cortejo de la hembra en una zona adecuada (territorio) y expulsa de ella a todo el que moleste.

En una fase de contacto y control, el macho reúne algunas hembras en su territorio y se informa de su disposición al apareamiento. Quizás esta fase sirve también para que los dos miembros de la pareja se vayan acostumbrando el uno al otro.

En una fase de lucha o imposición, el macho rompe la distancia individual entre la hembra y él, cede en su propia agresividad y hace que la hembra se canse para que consienta el contacto en la zona anal.

En la fase de la marcha nupcial se anula la agresividad de los dos miembros de la pareja casi por completo.

En la fase de copulación es el instinto sexual el que definitivamente se hace con el poder y se llega por fin al coito.

En la fase final, la excitación sexual disminuye. La excitación restante se descarga en actividades de desviación*.

Los cortejos de las libélulas, de los cotos, de los ánades reales y de las gacelas Thomson nos han proporcionado una panorámica en los procesos y formas de comportamiento de los animales durante el cortejo. El hecho de que los intentos de explicación y de interpretación hayan de ser dados con toda precaución, y suenen, además, poco probatorios, se debe a que es extraordinariamente difícil descifrar cada uno de los acontecimientos del cortejo. Por eso, resumiremos ahora las funciones principales de éste:

Mediante el cortejo se atrae a los congéneres.

* La explicación del concepto "actividades de desviación" se encuentra en la nota al pie de la página 106.

Gracias a las señales empleadas, siempre típicas de cada especie, el cortejo se convierte en una forma de reconocer a los congéneres. Esto es especialmente importante para las especies animales que viven en solitario, sin tener contacto con los demás miembros de su especie. El cortejo del argiris y del espinoso demostró ser, en su conjunto, algo así como un control de identidad. El cortejo, como control de identidad, impide, pues, el cruce entre distintas especies animales.

Y como los animales de diferente sexo reaccionan de forma también diferente ante el cortejo de su congénere, el cortejo se convierte, asimismo, en un medio para averiguar el sexo del congénere. Esto es especialmente importante para los animales cuyo sexo no se diferencia en el aspecto exterior o se diferencia de forma insignificante, como, por ejemplo, en el petirrojo.

Frecuentemente uno de los miembros de la pareja es conducido por el otro, durante el cortejo, al lugar donde se producirán el apareamiento y la cría de la descendencia. Nos pueden servir de ejemplo el cortejo del petirrojo, el del caballito del diablo, el del coto y el del espinoso. En especies animales no territoriales, la fase final del cortejo está unida al lugar de puesta o desove, o al nido si se trata de aves. El vínculo entre el cortejo y el territorio —un territorio es, en la mayoría de los casos, una zona delimitada que asegura la protección y el alimento de la pareja y de su descendencia— se convierte, pues, al mismo tiempo, en un mecanismo de reparto de tierras y en una institución que evita una densidad demasiado elevada y un exceso de población.

La posesión de un territorio, sobre todo si su propietario lo defiende durante todo el año frente a sus congéneres, lleva consigo una serie de dificultades para el cortejo. La posesión de un territorio exige que ese territorio sea defendido, y esta defensa implica agresividad frente a los congéneres. Pero esta agresividad natural frente a los congéneres es una barrera con efectos negativos para la

formación de una pareja. Ciertamente, en la lucha con los rivales se consume o se anula una parte de esta agresividad, pero rara vez es esto suficiente para ir al encuentro de la hembra pacíficamente. Por eso, muchas de las acciones del macho para solicitar a la hembra son procesos que aún tienen una inequívoca coloración de agresividad y ésta ha de desaparecer de modo paulatino para permitir, finalmente, la cópula. Se podría decir un poco jocosamente que el cortejo es una forma de soltar el vapor.

En un gran número de animales, sobre todo de especies superiores, el cortejo, llevado a cabo siempre dentro del tipismo de la especie, pero con pequeñas desviaciones individuales en el detalle, es una forma de conocerse personalmente. Esto se ha demostrado con toda seguridad en el caso de las aves, al utilizar el canto como parte del cortejo.

No es de esperar que la disposición al apareamiento de dos animales que se encuentran sea la misma. A menudo, las hembras no están aún dispuestas al apareamiento porque sus óvulos todavía no están maduros, todavía no pueden ser fecundados. Durante el cortejo, los dos

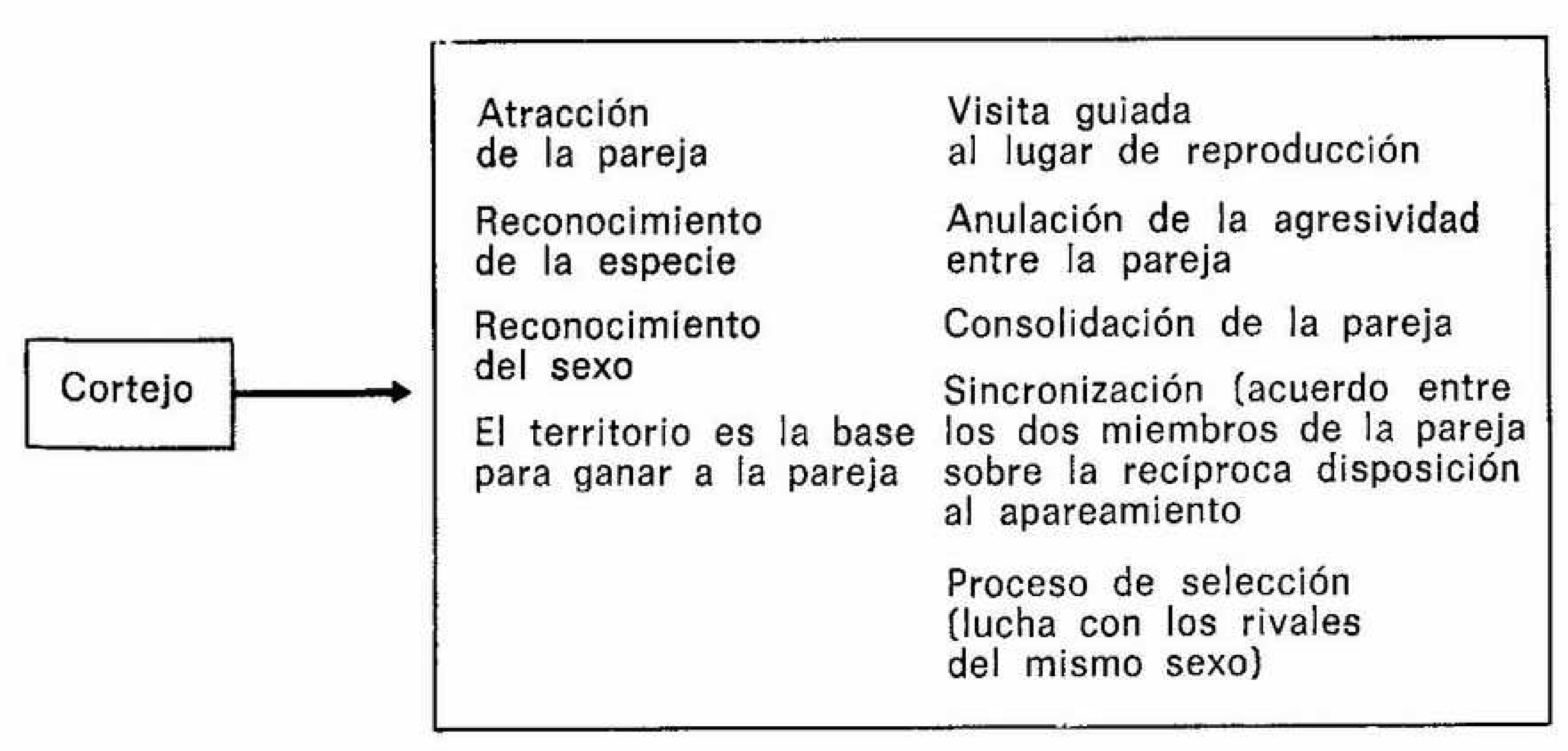


Fig. 4-12. Cortejo (visión de conjunto).

miembros de la pareja se estimulan recíprocamente y logran un acuerdo para una simultánea disposición al apareamiento: En el capítulo sexto nos ocuparemos de ello más detalladamente.

La lucha entre rivales para conseguir y mantener un territorio y una hembra es un proceso selectivo. Los animales resistentes y belicosos tienen más probabilidades de conquistar una hembra que los débiles. Ya las señales amenazadoras tienen, a menudo, como efecto, la retirada del contrario, sin haberlo herido. Así, una amenaza pronunciada evita la lucha y ello excluye la posibilidad de que se inflijan heridas en ambos bandos. Las amenazas y las luchas entre machos pueden aumentar la excitación de las hembras presentes durante el espectáculo y provocar más rápidamente su disposición al apareamiento. Por lo tanto, se podría considerar que las amenazas y las luchas entre machos, formas de comportamiento que, en sí mismas, están fuera del cortejo, se convierten también en partes del mismo.

V. EL APAREAMIENTO DE LOS ANIMALES

Al final del cortejo tiene lugar un acontecimiento que hasta ahora hemos designado simplemente como apareamiento y, ocasionalmente, como cópula o coito. La mayoría de los animales que hemos investigado —como la mariposa de la seda, el espinoso, el sapo común, el caballito del diablo, el coto y la gacela Thomson— rompe las relaciones entre la pareja tras el apareamiento y los dos compañeros se separan. Por eso parece asumible que el apareamiento sea el auténtico objetivo final de la búsqueda de pareja, y del cortejo.

Antes de examinar en el capítulo 7 si esta sospecha es cierta, nos ocuparemos aquí, más detenidamente, de la cópula para ver qué se oculta detrás de ese proceso hacia el cual se orientan los actos de los animales durante el cortejo.

LOS DISTINTIVOS SEXUALES DE LOS ANIMALES

Volvamos de nuevo al principio del libro, a aquel momento en que nuestro estudiante Michael observaba el apareamiento de los petirrojos "Anilla Azul" y "Anilla Blanca" sobre un arriate sepulcral. Como se recordará, fue

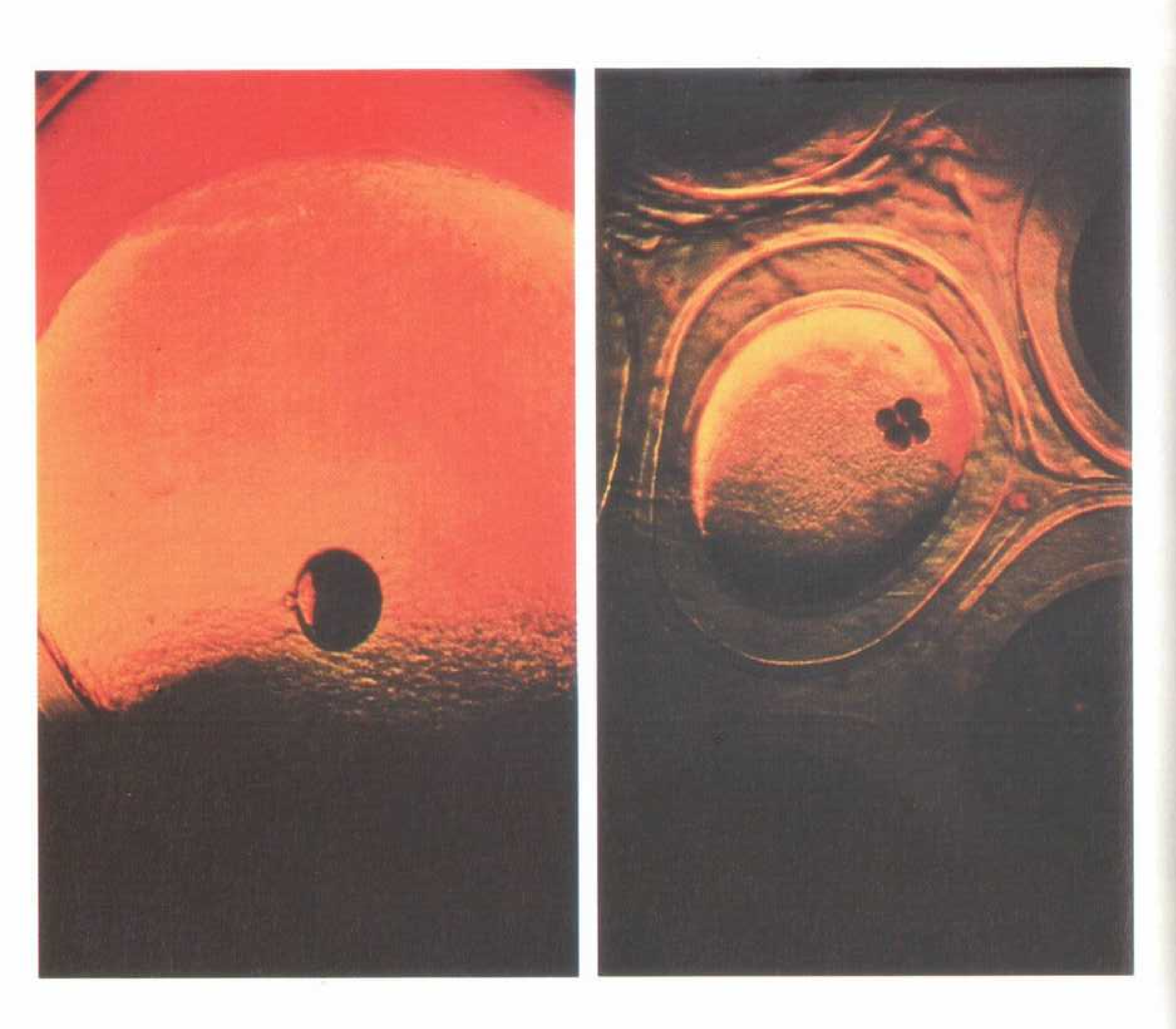
aquello lo que dio al estudiante completa seguridad acerca del sexo de los dos petirrojos, cuyo aspecto exterior era totalmente idéntico. Cuando vio que "Anilla Blanca" saltaba sobre la espalda de "Anilla Azul" y observó que durante unos instantes se comprimían sus abdómenes el uno contra otro, entonces llegó a la conclusión definitiva de que "Anilla Blanca" era un macho y "Anilla Azul" una hembra. Reconoció el sexo de los dos petirrojos por su diferente forma de comportarse.

Muchas especies animales se lo ponen al observador bastante más fácil. Los machos se diferencian claramente de las hembras. La araña de jardín o de cruz hembra, por ejemplo, es considerablemente mayor en tamaño que el macho. El sexo de los ánades reales se distingue por el diferente colorido del plumaje. El macho de la gacela Thomson tiene los cuernos más largos y más fuertes que su compañera. En la mariposa de la seda es también la hembra la que tiene las antenas más pequeñas. Estos animales nos indican, pues, su sexo mediante diferentes tamaños, diferentes armas, diferentes adornos o diferencias en el tamaño de los órganos sensoriales*. Tales distintivos sexuales la mayoría de las veces no tienen nada que ver con el apareamiento propiamente dicho, sino más bien con el juego previo a éste. Son órganos de imposición, órganos auxiliares para encontrar a la pareja y armas para rechazar a los rivales. Por eso, el biólogo los designa como distintivos sexuales secundarios. Por el contrario, los órganos que participan inmediata y directamente en el apareamiento —los llamados distintivos sexuales primarios, por oposición a los anteriores— a menudo están ocultos para el observador porque, en su mayor parte, se esconden en la protección que les ofrece el interior del cuerpo.

* La distinta configuración de macho y hembra de una especie se denomina "dimorfismo sexual".



Lámina 4-7. Una gacela Thomson macho monta a la hembra. La cópula tiene lugar en marcha.



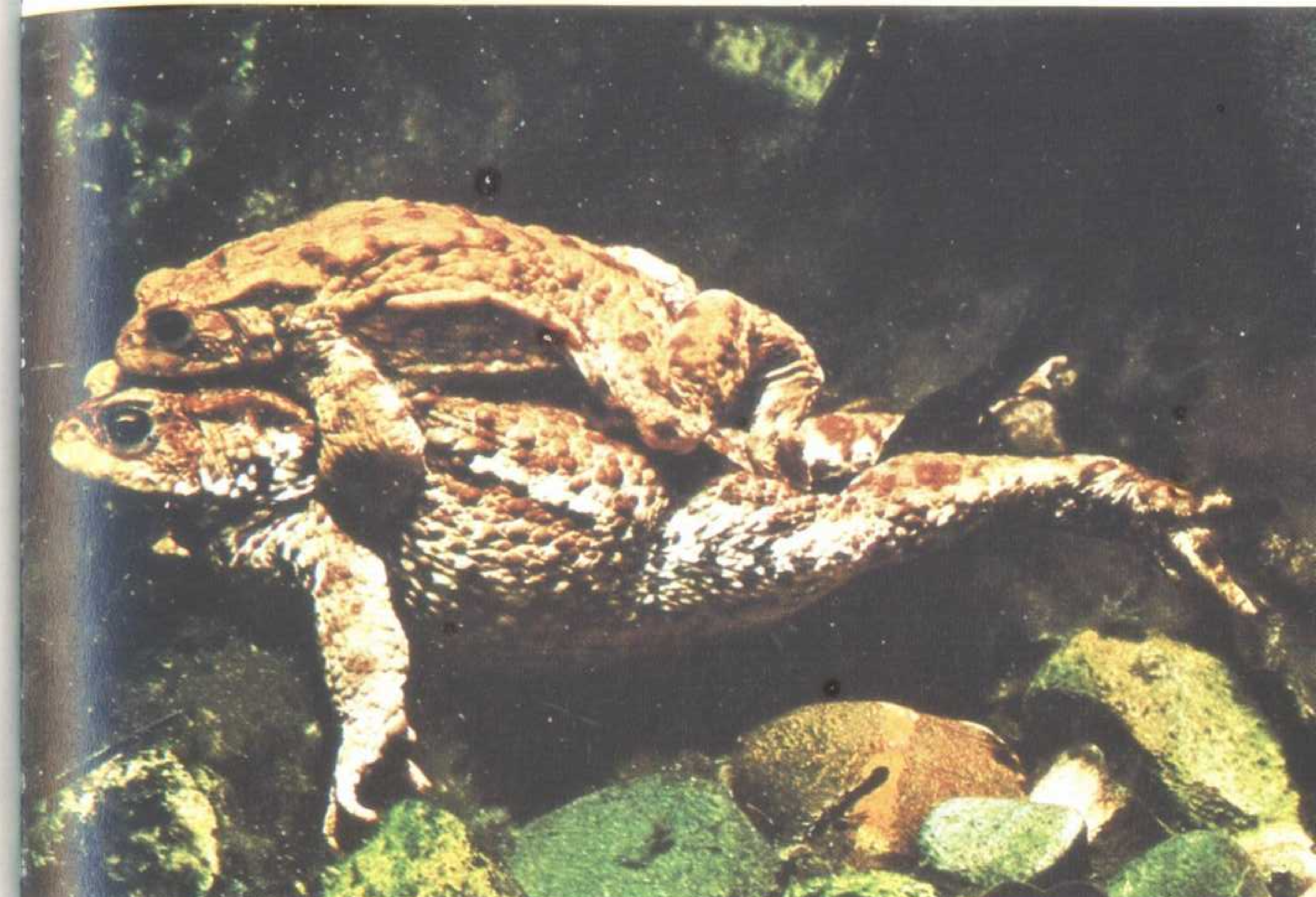


Lámina 5-1. Fecundación del óvulo de un caracol. (Arriba a la izquierda.)

Lámina 5-2. El óvulo fecundado del caracol empieza a desarrollarse: aquí ya tiene cuatro células.

Lámina 5-3. Apareamiento del sapo común. La hembra ya ha adoptado la postura señalizadora.

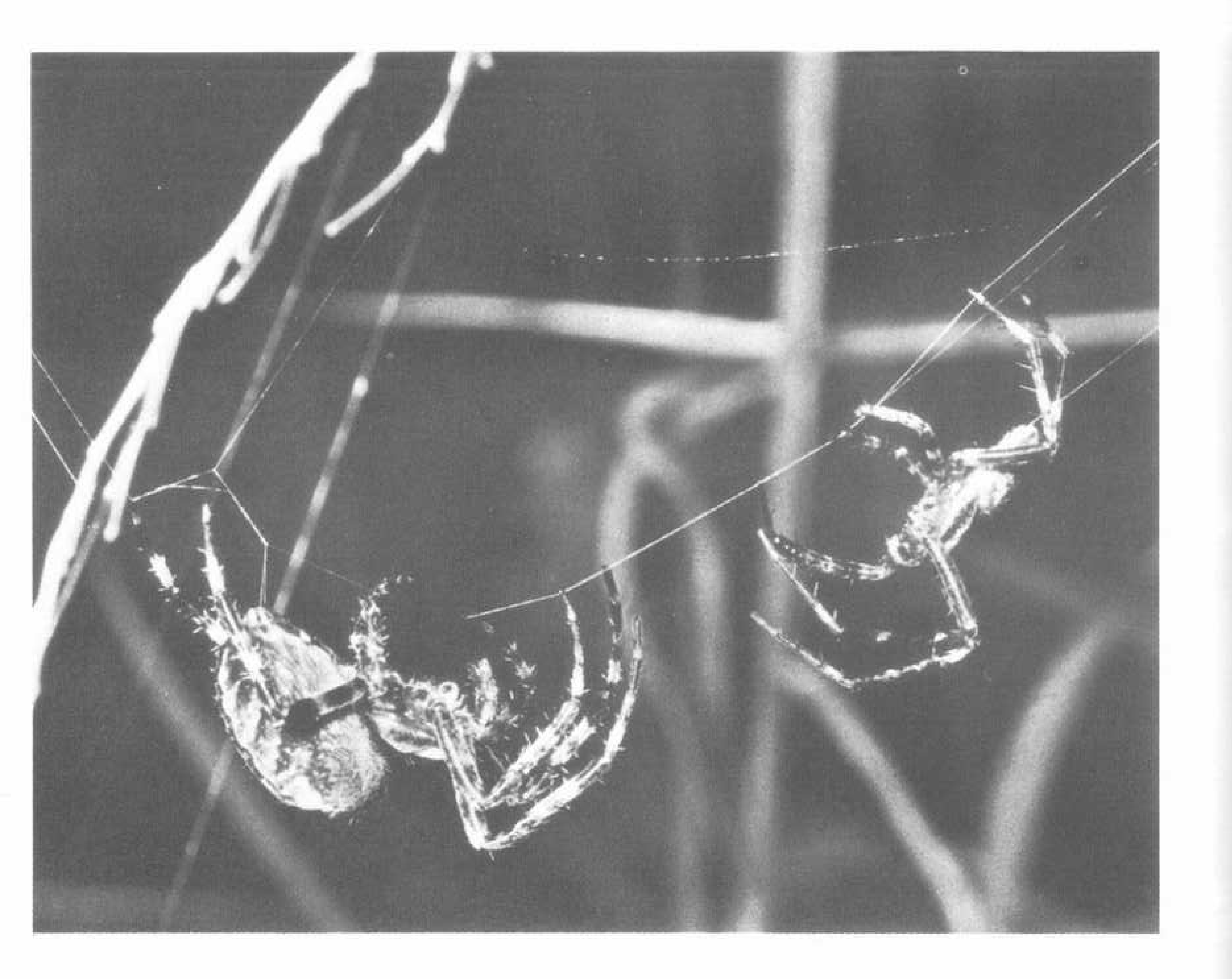


Lámina 5-4. El macho de la araña de cruz (a la derecha) se acerca con precaución a la hembra (a la izquierda) avanzando por el "puente de amor".

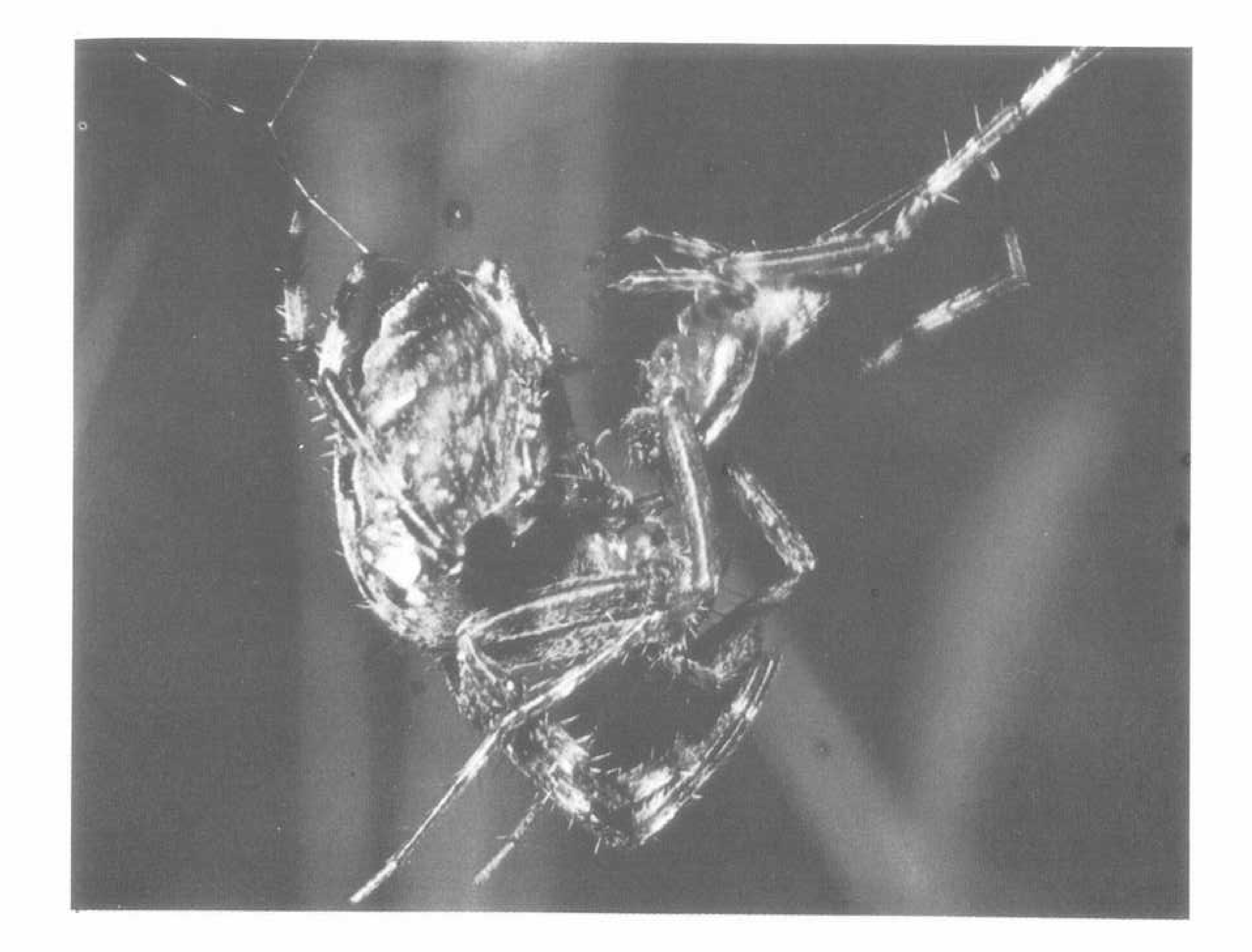


Lámina 5-5. La hembra demuestra su disposición al apareamiento colgándose boca abajo. El macho, más pequeño, establece el contacto físico y palpa a la hembra.



Lámina 5-6. Baile de los escorpiones: marcha nupcial.



Lámina 5-7. Pareja de musarañas en posición de apareamiento.

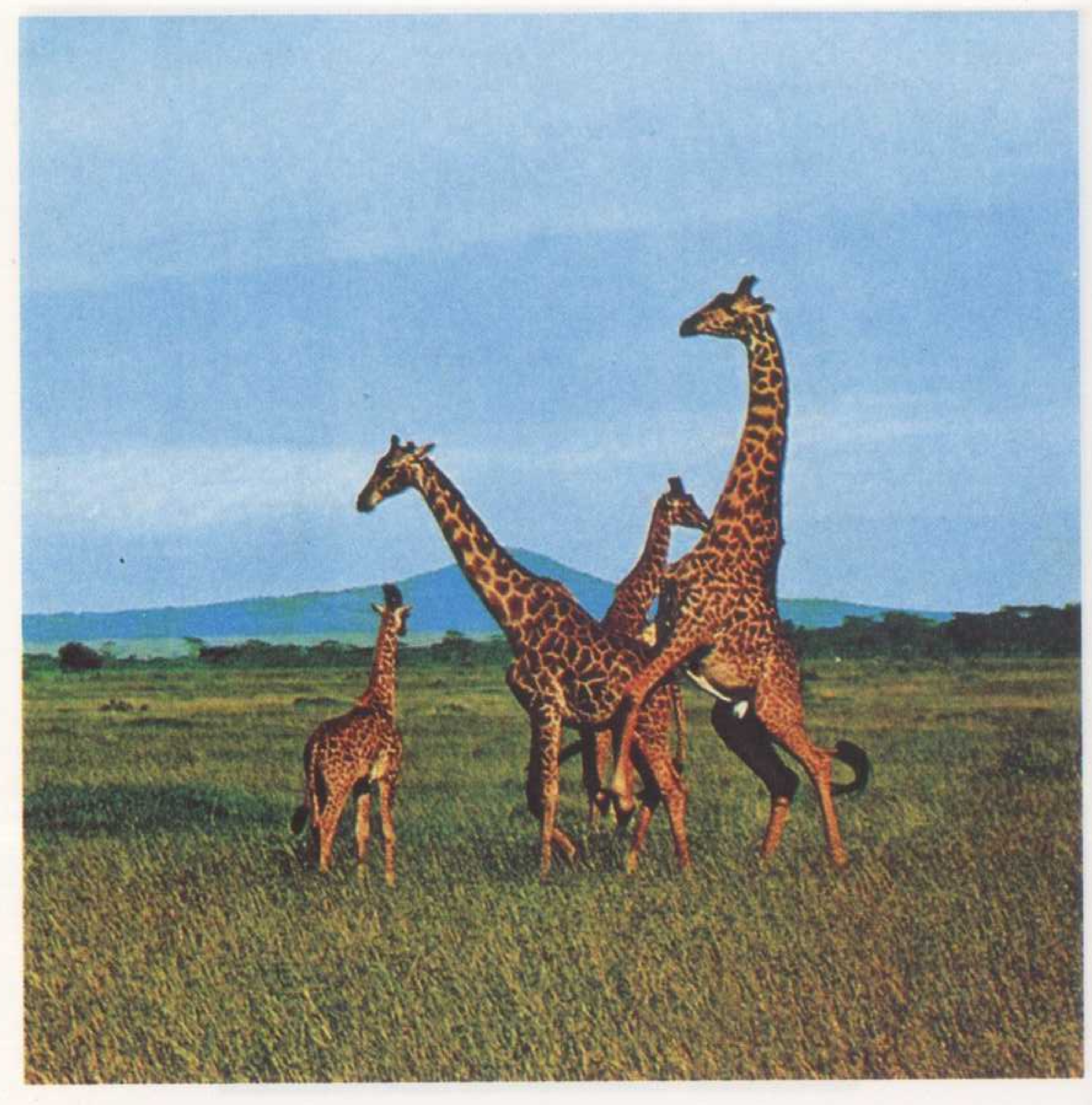


Lámina 5-8. La jirafa macho salta sobre la hembra para aparearse con ella.

Lámina 5-9. Un error poco frecuente. Dos especies distintas del género *Zygaena* se aparean entre sí.



Lámina 5-10. Los caracoles comunes son hermafroditas. Al aparearse, se adosan el uno al otro por la superficie que normalmente utilizan para reptar. En el juego previo, cada uno de los miembros de la pareja le hinca al otro, al borde de la superficie por la que están unidos, una dura y afilada varilla de cal (la llamada "flecha de amor"), probablemente para aumentar la excitación sexual de la pareja. Sólo entonces sacan ambos animales sus penes e intentan introducirlos en el orificio sexual femenino del compañero para llevar a cabo la entrega de un espermatóforo. Los espermatozoides de este espermatóforo, fecundan los óvulos un mes después.

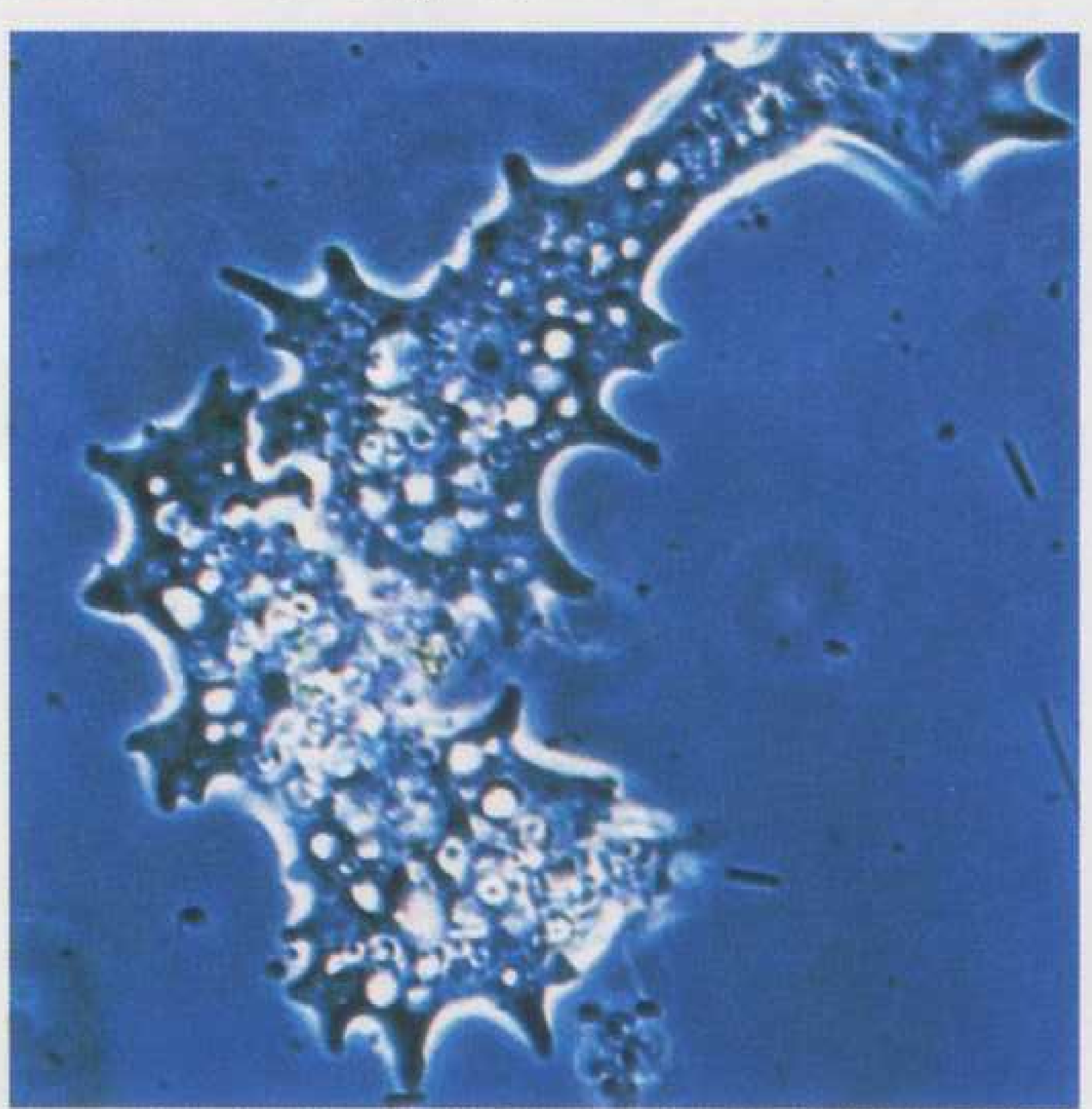




Lámina 6-1. El vencejo se cuenta entre las aves más rápidas y mejor dotadas para el vuelo. Es uno de los últimos en regresar de sus cuarteles de invierno y uno de los primeros en volver a abandonar su patria natal.

◀ **Lámina 5-11.** Dos amebas se han adosado la una a la otra para intercambiar material del núcleo en una especie de acto sexual.





Lámina 6-2. Pinzón índigo macho en "plumaje nupcial" (arriba a la izquierda) y en "plumaje fuera de celo" (derecha). En el medio, un macho durante la muda. La coloración del plumaje es controlada por la gonatropina y la testosterona.



Lámina 6-3. Pareja de canarios. El macho provoca el estado receptivo de la hembra cantando y cortejándola.



Lámina 6-4. Pareja de pinzones cebra (el macho a la izquierda y la hembra a la derecha). Los pinzones cebra viven en Australia. Están admirablemente adaptados a la vida en las regiones secas.

Lámina 6-5. Lechuza con su presa. El que esta rapaz nocturna se reproduzca o no, el tamaño de la puesta y el número de las nidadas que saque adelante por año dependen esencialmente de la oferta de alimento.



Lámina 7-1. Gallo lira en el lugar de cortejo.

Lámina 6-6. En la época de celo se dan entre los gamos numerosos enfrentamientos, que la mayoría de las veces no son sino torneos incruentos sometidos a determinadas reglas caballerescas.



Lámina 7-3. Pareja de gorriones molineros.

◀ **Lámina 7-2.** Gallo doméstico en mitad de su harén.



Lámina 7-4. Pareja de bigotudos, la hembra a la izquierda y el macho a la derecha.

Lámina 7-5. Pareja de cigüeñas castañeteando. El pico está muy hacia atrás, desviado de la pareja como señal de buenas intenciones.



Lámina 7-6. Pareja de cigüeñas poco antes de la cópula propiamente dicha.

Lámina 7-7. Petirrojo a la entrada de su nido, bloqueada por los polluelos. ▶

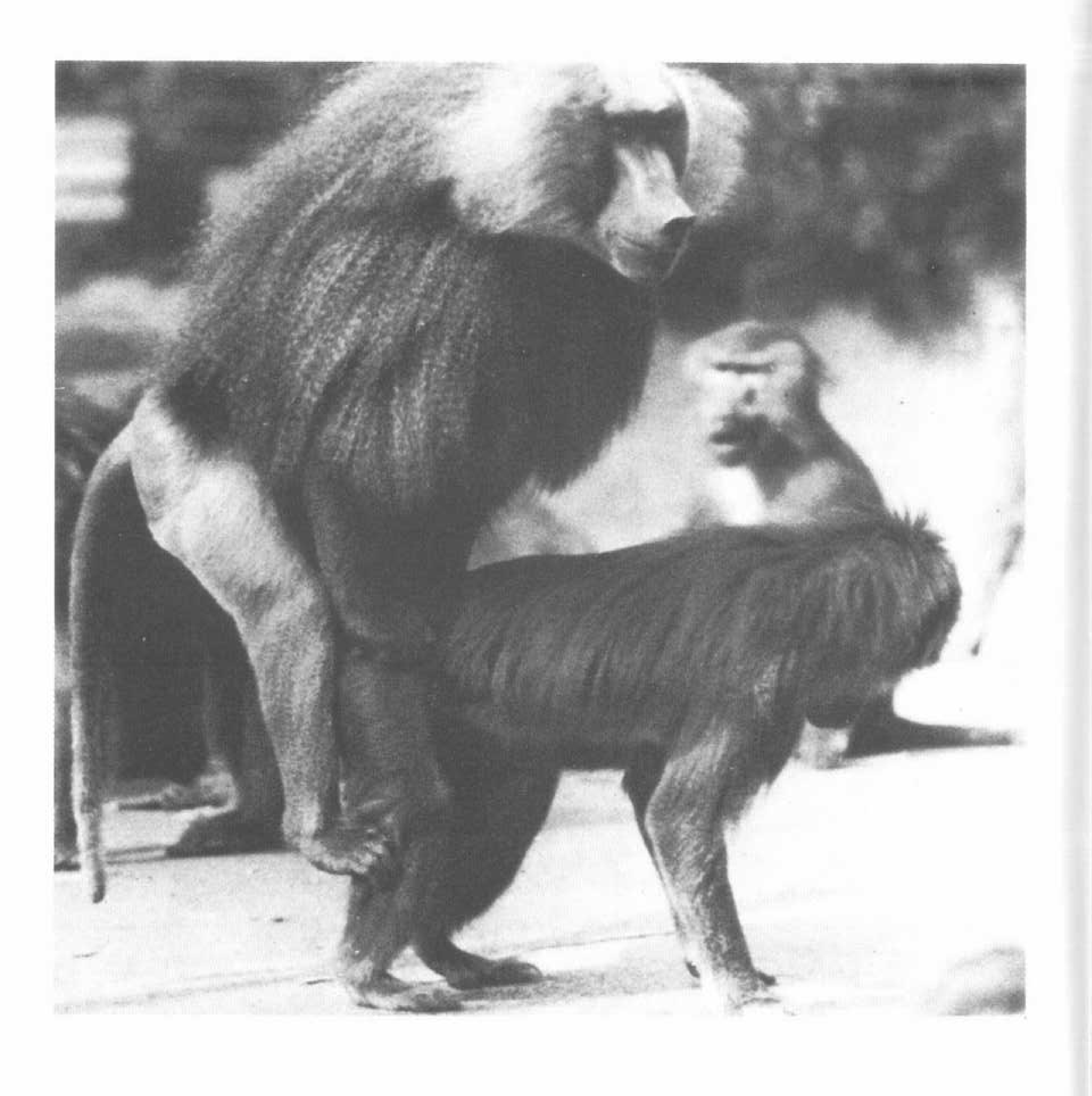


Lámina 7-8. El papión hamadrías que ostenta la dignidad de bajá monta a una hembra (cópula).

Es indiferente que uno diseccione el cuerpo de un petirrojo hembra o el de una gacela Thomson hembra o el de la hembra del espinoso o el abdomen de un caballito del diablo hembra; en todos ellos encontrará lo mismo: ovarios, unos grandes órganos, que llaman la atención del observador, sobre todo en época de apareamiento, por su tamaño. De ellos salen unos canales, más o menos complicados en su construcción, que reciben el nombre de oviductos y desembocan en el orificio sexual, a menudo después de haber experimentado algunos ensanchamientos.

En todos los animales machos hay unos órganos glandulares llamados testículos que están en contacto con el orificio sexual mediante el conducto deferente. En muchas especies animales los orificios sexuales del macho y de la hembra han sido transformados en órganos específicos de apareamiento y reciben el nombre de aparato copulador.

SOBRE ESPERMA, ÓVULOS Y CROMOSOMAS

Los ovarios y los testículos fabrican, en la época de apareamiento, células sexuales o gametos.

En los múltiples y delgados canalillos de los testículos se producen los espermatozoides masculinos. Son tan pequeños que no pueden ser percibidos a simple vista. Sólo bajo el microscopio, ampliados mediante muchos cientos de aumentos, se ven estas células con su curiosa forma, que varía, como el tamaño, en cada especie animal.

En los grandes mataderos se sacrifican toros todas las semanas. Por medio del carnicero o del veterinario del matadero se puede obtener sin grandes dificultades esperma de los toros sacrificados. Pongamos una gota de este semen sobre el portaobjetos, cubrámoslo con un cubreobjetos e introduzcámoslo bajo el objetivo del microscopio: veremos que en el turbio líquido de la gota de semen nadan multitud de espermatozoides. Cada una de las células

consta de tres partes diferenciadas: la cabeza en forma de espátula, una parte intermedia no tan claramente reconocible y una cola móvil en forma de látigo.

Los espermatozoides del toro son muy sensibles a los cambios de temperatura. Si aumenta el calor, aumenta también su movilidad. A 37 °C la cola da nueve latigazos por segundo e impulsa al espermatozoide a recorrer una distancia que equivale aproximadamente al total de su longitud. La energía necesaria para el movimiento proviene de la parte central de la célula. Tiene un depósito de energía suficiente para recorrer un camino de cuarenta metros. En la cabeza reside el núcleo de la célula, la parte que desempeña el papel principal en la fecundación del óvulo.

Los óvulos formados en el ovario de un animal hembra son mucho, muchísimo mayores que los espermatozoides y totalmente inmóviles. Se distinguen cuatro tipos de óvulos según la riqueza en material del citoplasma y la posición del núcleo de la célula (figs. 5-1 y 5-2). También la membrana celular puede ser muy distinta: los huevos de rana la tienen de mucosa; los del lagarto, de una especie de pergamino, y los huevos de las aves tienen una cáscara de cal.

Aunque los espermatozoides y los óvulos se distinguen entre sí en tamaño, forma y movilidad, hay un punto en que coinciden: ambos gametos tienen un núcleo celular en cuyo interior se encuentran unas estructuras en forma de cintas rizadas, los llamados cromosomas*. Si los contamos, veremos que el núcleo del espermatozoide de toro y el núcleo del óvulo de vaca tienen siempre el mismo número: treinta. Si ahora examinamos los gametos de la abeja, macho y hembra, nos encontraremos que el número de cromosomas asciende siempre a dieciséis; el de los perros a treinta y nueve y el del ser humano a veintitrés.

Así pues, el número de cromosomas en el núcleo de los gametos de una especie animal es siempre constante.

* Las estructuras filamentosas del núcleo (los cromosomas) sólo pueden ser vistas ampliadas muchos cientos de veces, tras haber sido coloreadas con un colorante especial y durante el proceso de la división celular.

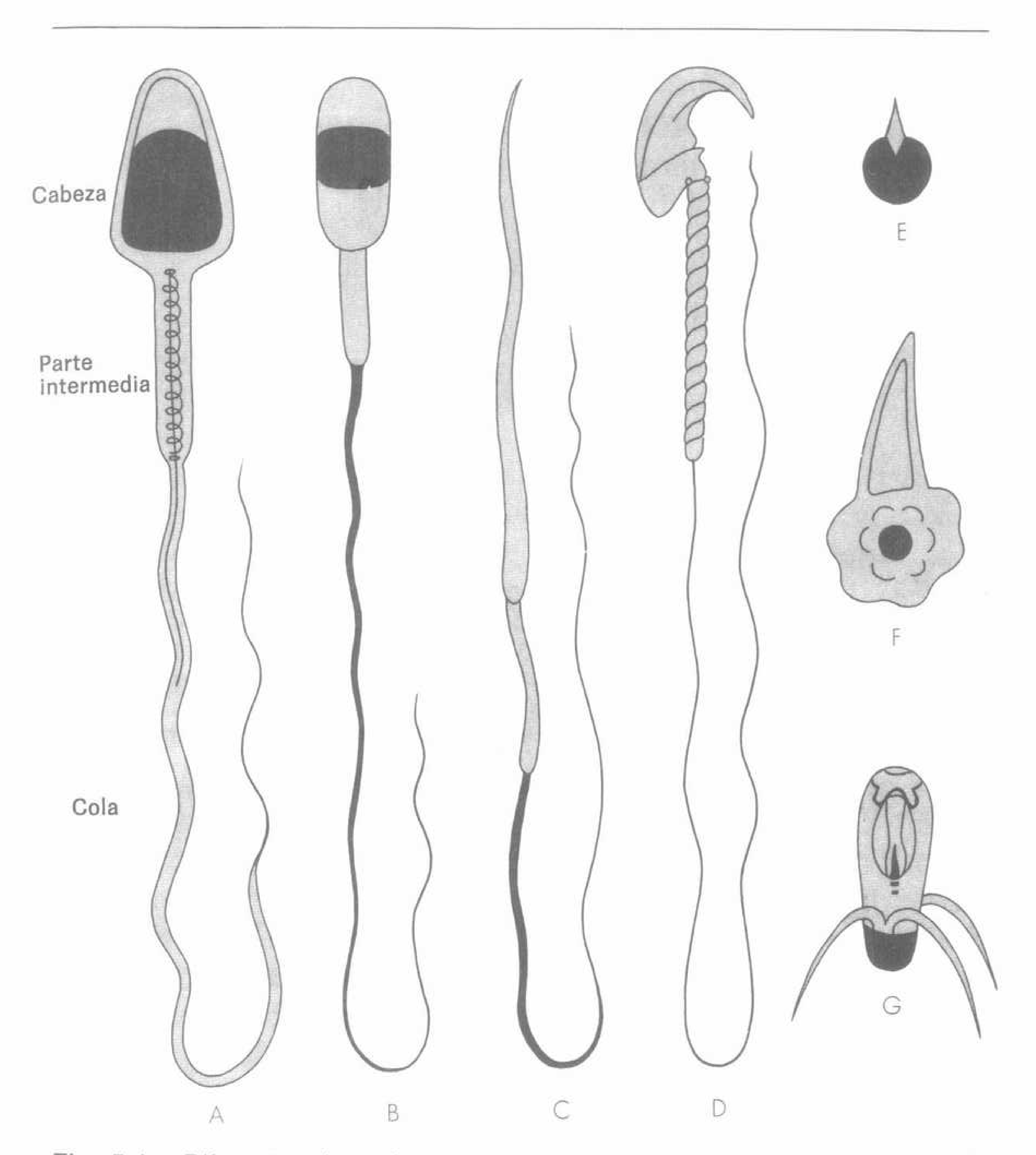


Fig. 5-1. Diferentes tipos de espermatozoides animales. A) Representación esquemática de un espermatozoide maduro. B) Humano. C) De la rana. D) Del ratón. E) De la termita. F) De la lombriz. G) Del bogavante.

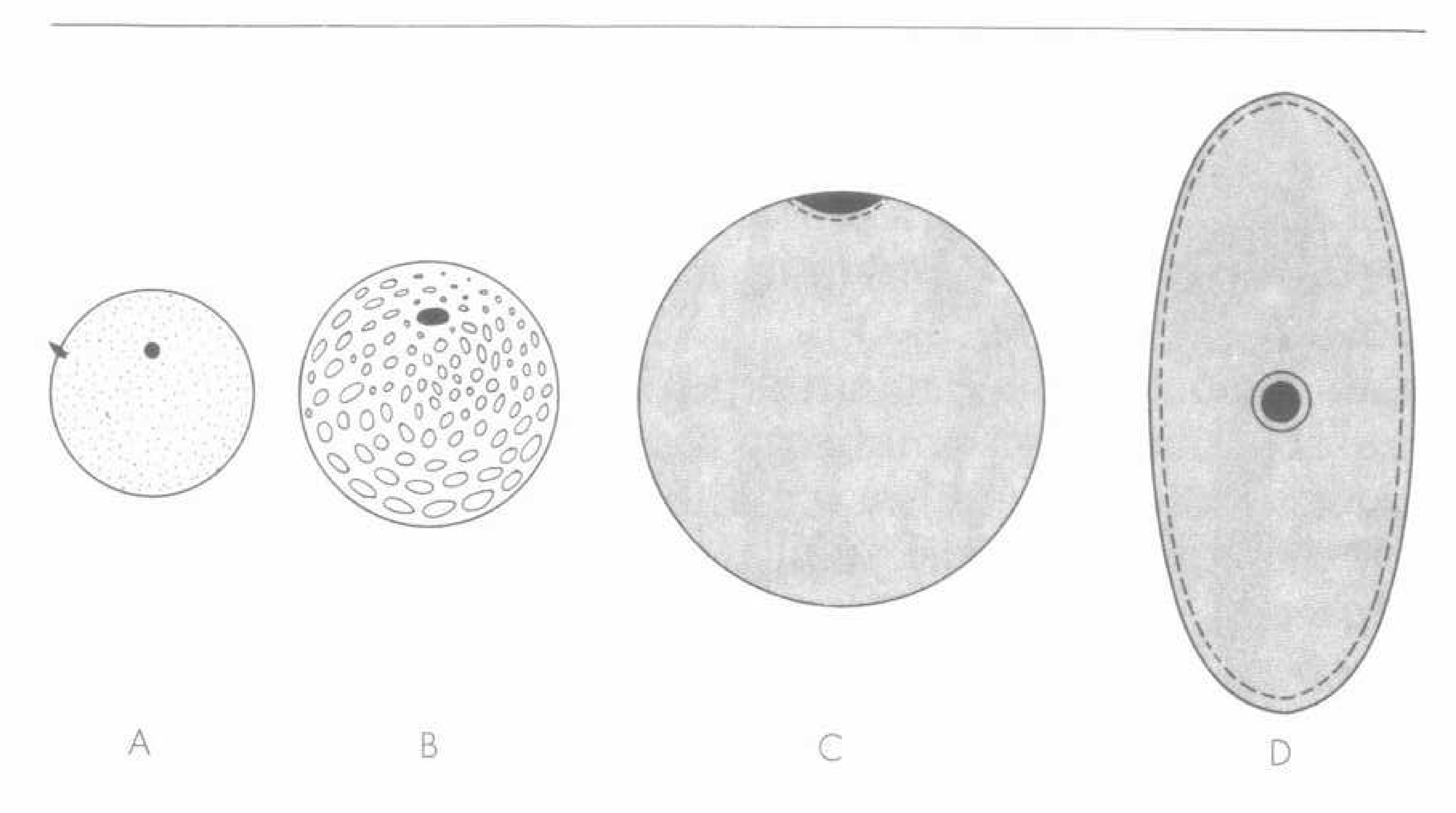


Fig. 5-2. Los cuatro tipos principales de óvulos: A) Óvulos oligolecitos de los equinodermos (estrella de mar, erizo de mar). El núcleo de la célula no está exactamente en el centro; hay poco material en el citoplasma. B) Óvulos heterolecitos de gusanos, caracoles y ranas. El núcleo celular está desviado hacia el borde. El citoplasma es rico en material. C) Óvulos telolecitos de los calamares, reptiles y aves. El núcleo se encuentra totalmente desplazado al borde de la célula. Hay grandes cantidades de citoplasma. D) Óvulos centrolecitos de los cangrejos e insectos. El núcleo se encuentra en el centro de una gran cantidad de citoplasma.

Se puede decir, por lo tanto, que es una característica propia de todo ser vivo el disponer en su dotación genética de un número constante de cromosomas en los núcleos de sus gametos.

Pero los cromosomas no se encuentran sólo en los gametos, sino también en los núcleos de todas las demás células del cuerpo. Si a un toro muerto le arrancamos algunas fibras del riñón y algo del músculo del corazón o de la piel y se ponen las pruebas bajo el microscopio, se pueden observar, en condiciones favorables, que las células del resto del cuerpo tienen muchos más cromosomas que los gametos. El recuento da como resultado sesenta en el toro, treinta y dos en la abeja obrera, setenta y ocho en el perro y cuarenta y seis en el ser humano. Las células

del cuerpo tienen el doble de cromosomas que los gametos.

Si clasificamos los sesenta cromosomas de una célula del cuerpo de un toro según su tamaño y su forma y se comparan unos con otros, el resultado es inequívoco: siempre hay dos que son iguales en forma y tamaño. Así pues, la célula del cuerpo de un toro es portadora de treinta cromosomas diferentes más sus dobles. Tiene un doble juego de cromosomas, o sea, es diploide, mientras que los gametos disponen sólo de un juego simple de cromosomas, son haploides*.

En esta constatación reside, como vamos a ver en seguida, el quid de todo el sistema de reproducción sexual.

Volvamos, sin embargo, a nuestros ágiles espermatozoides y a los inmóviles óvulos.

LA FUSIÓN DEL ÓVULO Y EL ESPERMATOZOIDE

En el año 1875, un joven zoólogo llamado Oskar Hertwig** se sentó ante su microscopio y preparó un experimento que, curiosamente, todavía no había sido llevado a cabo por ningún científico. Hertwig quería saber qué función tenían los espermatozoides, esas células minúsculas e inquietas que había encontrado, aunque con diferencias de tamaño y forma, en los testículos de los animales machos. Había una cosa que estaba clara, que tenían algo que ver con el desarrollo de los óvulos. Sólo los óvulos que entraban en contacto con los espermatozoides se desarrollaban hasta convertirse en seres vivos. Así pues, de alguna manera, los espermatozoides incitaban a los óvulos

* En la literatura científica se denomina diploide a la célula que contiene un juego doble de cromosomas y haploide a la que lo tiene simple.

** Oskar Hertwig (1849-1922), catedrático en Berlín, estudió principalmente las cuestiones relacionadas con la evolución histórica.

a desarrollarse. Pero, ¿qué significaba exactamente "incitar"? ¿De qué se sirve el espermatozoide para "incitar" al óvulo? Hasta entonces ningún ser humano había observado este proceso conscientemente. Hertwig quería ver por sí mismo ese fenómeno sobre el que tanto se había hablado, escrito y conjeturado durante decenios.

Había estado reflexionando durante mucho tiempo sobre su experimento, y mucho más tiempo había necesitado hasta que dio con el animal adecuado para sus fines. Al final se decidió por el erizo de mar, ese espinoso habitante de las profundidades marinas que vive sólo en algunos lugares del fondo del mar y que no delata su sexo hasta que no se le abre la coraza de púas. Las hembras tienen en la cavidad abdominal los ovarios, de color amarillo anaranjado, y los machos los testículos, de color amarillo claro. En la época de reproducción, los dos sexos expulsan sin más al agua sus productos sexuales, óvulos y semen.

Hertwig llenó una fuentecilla de vidrio con agua de mar y depositó en ella algunos de los huevecillos transparentes. Puso la fuentecilla bajo el microscopio y añadió a los huevos una gota de semen. Atentamente, observó la multitud de muchos miles de espermatozoides. Los óvulos, redondos, permanecían inmóviles.

Después de algún tiempo le llamó la atención el hecho de que cada vez se concentraban más espermatozoides alrededor de los óvulos, como atraídos por un imán. Y, tras pocos segundos se convertía en el primer ser humano en observar la fecundación. En cada óvulo se introduce un espermatozoide tras haberse deshecho de su cola móvil.

Hertwig repitió su experimento varias veces y en cada una de ellas observó lo mismo: sólo un espermatozoide se introduce en el óvulo. Cuando esto ha ocurrido, el óvulo fabrica en seguida una envoltura impermeable (membrana externa) que sirve para evitar la entrada de otros espermatozoides en el óvulo.

De acuerdo con estos experimentos, el científico extra-

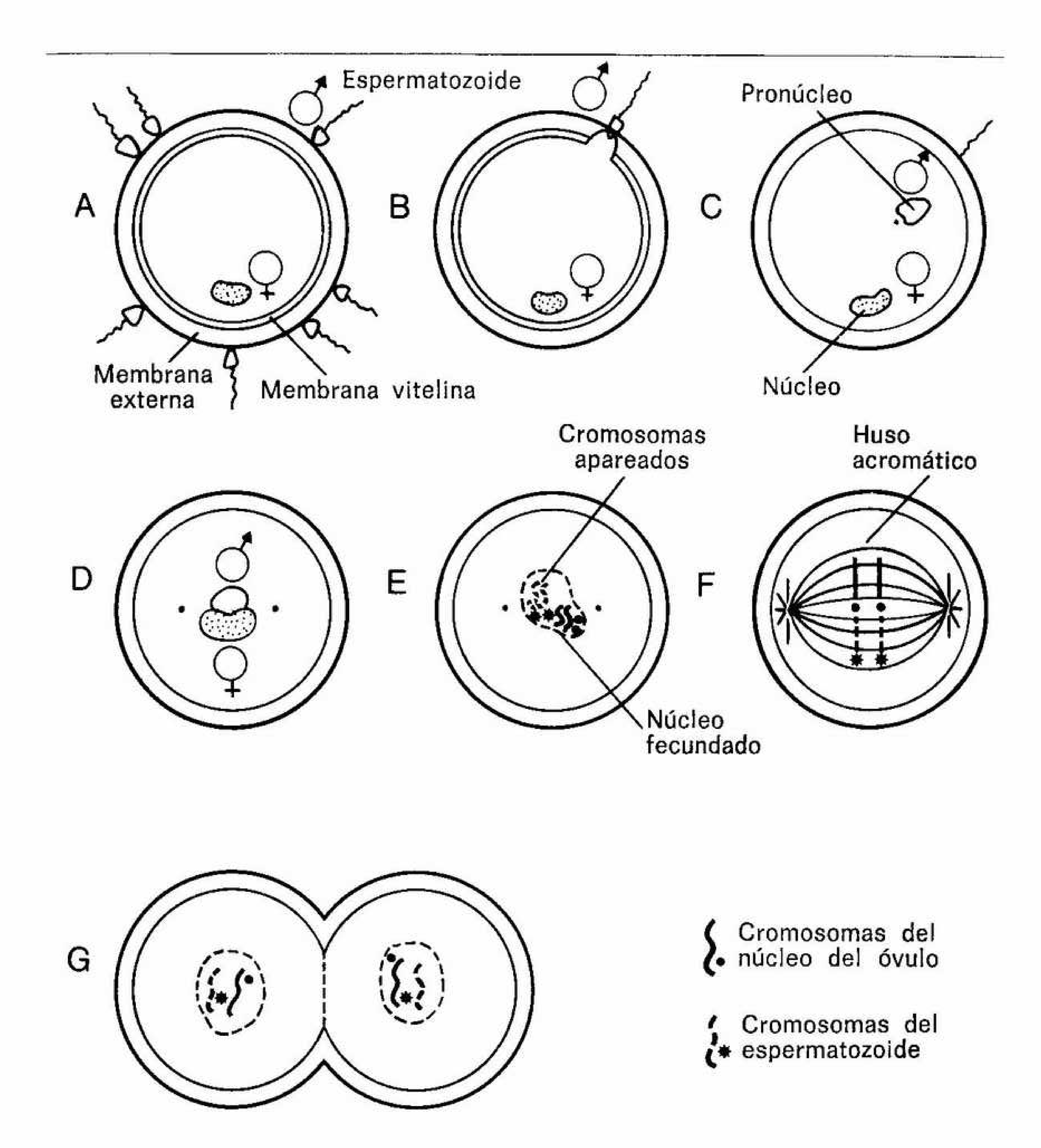


Fig. 5-3. Representación esquemática de algunas fases en la fecundación del óvulo de erizo de mar. A) Los espermatozoides caen prisioneros en la capa de mucosa que rodea al óvulo. B) Un espermatozoide se introduce en el óvulo. C) El núcleo celular del espermatozoide se mueve hacia el núcleo del óvulo. D) Los dos núcleos celulares se adosan el uno al otro. E) Los núcleos del espermatozoide y del óvulo se han fundido en un solo núcleo fecundado. El cigoto tiene ahora un juego doble de cromosomas. Los cromosomas se han escindido longitudinalmente. F) Los cromosomas se ordenan en la placa ecuatorial del huso acromático. Las fibras del huso atraen las cromátidas hacia los polos. G) La primera división celular (mitosis) ya está casi terminada. Han surgido las dos primeras células del futuro embrión.

jo sus conclusiones. Pensó, con razón, que el núcleo del espermatozoide residía en la cabeza de éste y formuló así su teoría: «La fecundación reposa sobre la fusión de dos núcleos celulares diferenciados sexualmente.» Además, Hertwig supuso que el óvulo emitía una sustancia para atraer los espermatozoides y facilitarles la búsqueda. Hoy sabemos que esta suposición, al menos en lo que respecta a la fecundación del erizo de mar, no es correcta. En un elegante experimento Czihak y sus discípulos han demostrado que cada óvulo de erizo de mar está rodeado por una gruesa capa de mucosa, que no es visible hasta que no es teñida con un pigmento especial. Si los espermatozoides entran casualmente en contacto con esta envoltura gelatinosa, quedan prisioneros de ella y ya no se pueden soltar. La envoltura gelatinosa de los óvulos de erizo de mar es, pues, una especie de trampa para espermatozoides.

Lo que sucedía al fundirse los dos núcleos ya no lo pudo averiguar Hertwig. En el año 1875 la ciencia todavía desconocía la existencia de los cromosomas. No es sino muchos años después cuando son descubiertos y se llega a la convicción de que estas estructuras filamentosas del núcleo son los portadores de los factores hereditarios.

En la fusión se unen los cromosomas paternos, depositados en la cabeza del espermatozoide, con los cromosomas maternos en el núcleo del óvulo. El óvulo fecundado contiene, por lo tanto, una mezcla de cromosomas paternos y maternos. Es una recombinación de los factores hereditarios paternos y maternos. Antes, hemos constatado que los gametos de todos los animales tienen un juego simple de cromosomas mientras el resto de las células tienen un juego doble. En la fecundación, se reúnen los dos juegos simples de los gametos y forman un cigoto (óvulo fecundado) con un juego doble. A partir de este cigoto se desarrollará poco a poco, mediante innumerables divisiones celulares (mitosis), un nuevo ser vivo. En cada célula del cuerpo de este nuevo ser vivo se encuentra un

núcleo con un juego doble de cromosomas*. La mitad de ellos son cromosomas paternos y la otra mitad cromosomas maternos. Esto explica el hecho, por todos conocido, de que los descendientes de todos los seres vivos que se reproducen sexualmente presenten rasgos del padre y de la madre.

Ahora podemos comprender por qué los gametos sólo tienen un juego simple de cromosomas y las células del resto del cuerpo lo tienen doble. Si el espermatozoide y el óvulo se encontrasen y uniesen teniendo cada uno un juego doble de cromosomas, el descendiente tendría un juego cuádruple, los descendientes de éste un juego óctuple, etc. De generación en generación, se doblaría el número de cromosomas.

Pero con esto no se explica todavía cómo llegan los gametos a tener ese único juego de cromosomas. ¿Acaso los gametos no proceden también del resto de las células corporales, de los tejidos de los testículos y los ovarios?

Según esto, en el período de maduración de los gametos en los ovarios y en los testículos, las células del resto del cuerpo con su doble juego de cromosomas tienen que formar células con un solo juego de cromosomas. En un esquema hemos representado, muy simplificada, esta reducción de cromosomas (meiosis). Se puede ver cómo, efectivamente, durante la maduración de los gametos el juego de cromosomas de la célula es reducido a la mitad.

Con esto ya hemos llenado la última laguna que nos quedaba para poder comprender el proceso de la fecundación, y estamos ya en condiciones de resumir:

En la fecundación se unen dos núcleos celulares de dos gametos y, al hacerlo, se juntan en un solo núcleo fe-

* Antes de cada división celular todos los cromosomas se escinden longitudinalmente, es decir, se duplican. Por eso el número de cromosomas sigue siendo el mismo antes y después de la división celular. Véase la figura 5-3 E, F y G con las diferentes fases en la fecundación del óvulo del erizo de mar.

cundado los juegos simples de cromosomas del espermatozoide y del óvulo. Este nuevo núcleo tiene, por lo tanto, un juego doble de cromosomas. Mediante muchas, muchas mitosis se desarrolla a partir del cigoto un nuevo ser vivo. Así pues, la unión del espermatozoide con el óvulo tiene consecuencias muy importantes: el óvulo —hasta entonces tranquilo, inactivo, sin fecundar— es activado por el espermatozoide. El espermatozoide desencadena la fecundación. El número de cromosomas se multiplica por dos. Los factores hereditarios paternos son transmitidos al óvulo. La consecuencia es un descendiente que presenta una recombinación de las características paternas y las maternas.

Sin embargo, una condición necesaria para toda fecundación es que el espermatozoide y el óvulo se acerquen el uno al otro tanto como sea posible. Sólo estando muy cerca tienen las minúsculas células masculinas la posibilidad de dar con el óvulo y fecundarlo. Pero como el espermatozoide y el óvulo maduran en animales distintos, machos y hembras respectivamente, esto quiere decir que el macho y la hembra han de acercarse el uno al otro lo más posible. En los capítulos precedentes ya hemos descrito y explicado el camino que conduce al contacto físico de los dos sexos: búsqueda, reconocimiento y conquista de la pareja. En las páginas que vienen a continuación analizaremos los diferentes tipos de apareamiento, todos los cuales sirven a un mismo fin: facilitar tanto como sea posible el acercamiento de los gametos.

INSEMINACIÓN EXTERIOR CON Y SIN CÓPULA

El sapo común macho en época de apareamiento salta sobre cualquier objeto que se mueva y que tenga el tamaño aproximado de una hembra y lo abraza por detrás. A menudo, la postura del macho no es correcta y entonces la hembra se lo hace saber al "jinete" indicándole, mediante

silenciosos movimientos, que debe adoptar la postura adecuada para el apareamiento. El macho, palpando con la mano derecha o la izquierda, se agarra a su "montura" y la oprime. Durante la época de apareamiento el macho tiene en los dedos unas callosidades que le facilitan la su-

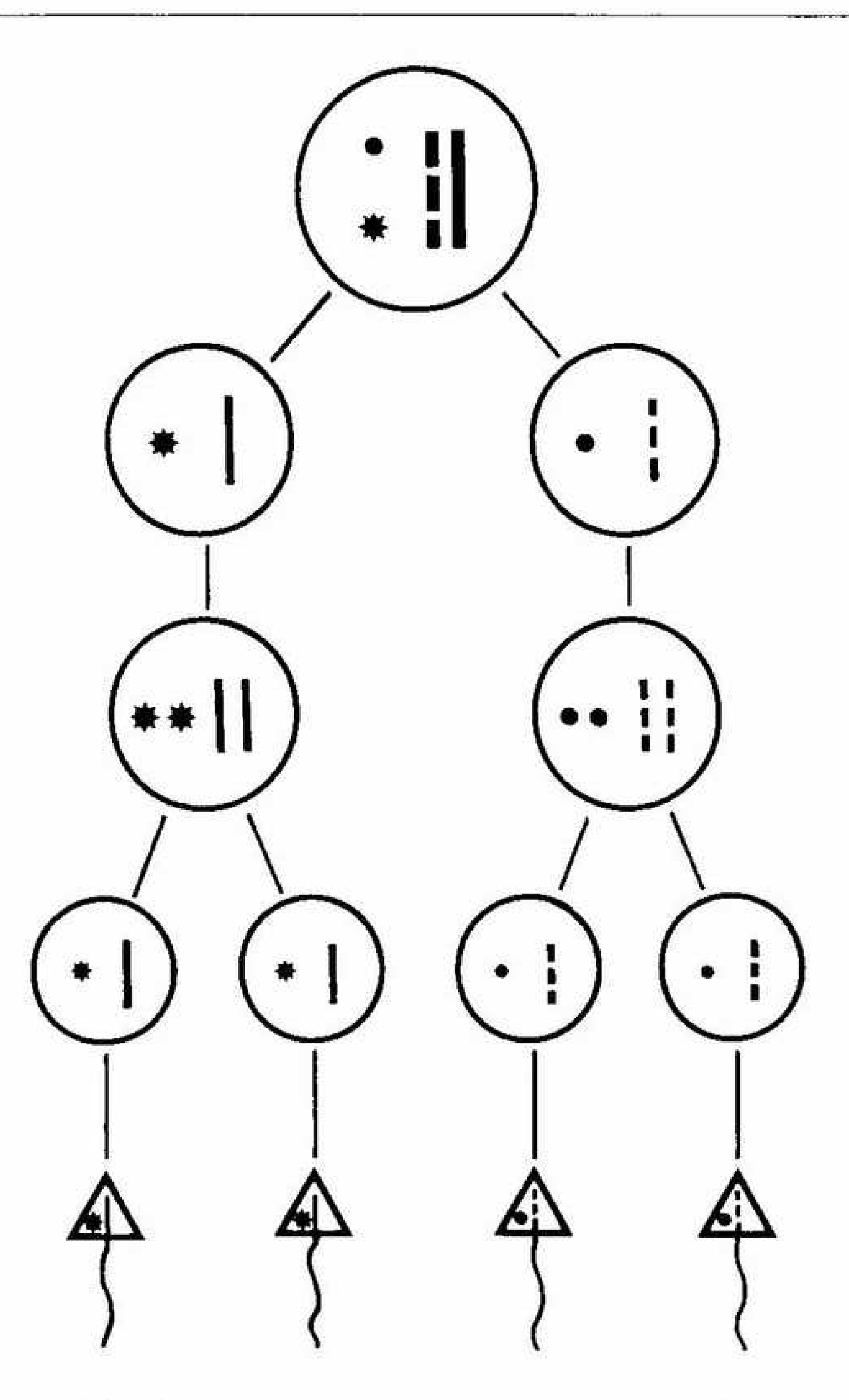


Fig. 5-4. Maduración del espermatozoide (meiosis). Célula corporal con doble juego de cromosomas (diploide). Primera partición: división celular. Las existencias de cromosomas se dividen por la mitad. Los cromosomas se escinden longitudinalmente. Segunda partición: división celular, proceso que tiene como resultado espermatozoides con un solo juego de cromosomas (haploides). De forma parecida tiene lugar la maduración del óvulo en el ovario. El producto final es, en ese caso, un óvulo con un solo juego de cromosomas (haploide).

jeción. La hembra dirige una y otra vez, con sacudidas laterales, la corrección de la postura hasta que, finalmente, es la adecuada para la cópula. Es entonces cuando la hembra, buscando apoyo, agarra tallos de plantas, ramas o piedras. Su vientre se contrae convulsivamente. A la altura de la cavidad abdominal arquea la espalda y estira las ancas paralelamente la una a la otra. Cuando ya ha tomado esta postura, que parece constituir una señal, el macho estira las ancas en medio de espasmos hasta que las plantas de los pies se encuentran dirigidas hacia atrás y entre los muslos de la hembra surja una especie de cestillo. Entonces, la hembra va expulsando por etapas los huevos en dos sartas que son depositadas en esta artesa. Y, simultáneamente, el macho, como bombeando con su abdomen, riega las sartas de huevos con un semen líquido y turbio. Este proceso de apareamiento se alarga durante muchas horas.

A estas alturas ya no nos extrañaremos de que también en este último acto del cortejo los estímulos-clave tengan una función desencadenante. Sólo cuando la hembra ha adoptado la postura que sirve de señal —el vientre hueco y las ancas estiradas— puede el macho expulsar el esperma. Y, a su vez, lo que provoca el desove de la hembra es la presión bajo las axilas. Eibl-Eibesfeldt y también Heusser han demostrado que se puede provocar el desove de la hembra ejerciendo esta presión con los dedos o con pequeñas pesas de metal colocadas bajo las axilas.

Después del desove y de la inseminación, la fecundación propiamente dicha tiene lugar en el agua. Los espermatozoides, probablemente atraídos por estímulos químicos, se abren paso hacia los óvulos y se fusionan con ellos.

También los huevos del espinoso son inseminados fuera del cuerpo de la hembra, es decir, en el agua. Con sus conocidos movimientos en zigzag, el macho conduce a la hembra lista para el desove hacia el nido y, como para mostrarle el camino, golpea su boca contra la entrada del nido. La hembra le sigue y se introduce en el interior de esta construcción vegetal. Entonces el macho golpea rápida y repetidamente con la boca el arranque de la cola de la hembra, la cual expulsa, inmediatamente, de ocho a quince huevos por su orificio sexual. En seguida, la hembra abandona el nido por la parte opuesta a la entrada. El macho, por su parte, se introduce en el nido y riega los huevos con semen. Sólo transcurren unos instantes desde que la hembra entra en el nido hasta que los huevos son inseminados. Después, el macho repara el nido, expulsa del territorio a la hembra, que ya "carece totalmente de interés" y vuelve a atraer con su vientre rojo y sus saltos en zigzag a otras hembras para que entren en el nido. Hasta que no ha reunido e inseminado un buen número de huevos no empieza, él solo, con la incubación de los mismos. Durante horas permanece ante la entrada del nido y la abanica con las aletas para que les llegue a los huevos agua fresca y abundante en oxígeno.

El proceso de inseminación del espinoso se diferencia del del sapo común en que tiene lugar sin contacto físico directo; vamos ahora a examinar también, aunque brevemente, cuáles son los estímulos-clave decisivos. Tanto el "mostrar la entrada del nido" como el "golpeteo con la boca" son necesarios para la puesta de la hembra. Si, por ejemplo, se impide al macho golpetear con la boca el arranque de la cola de la hembra, ésta, tras algún tiempo, abandona el nido sin haber puesto un solo huevo. Si se imita el golpeteo con un palillito, la hembra desova en el nido como de costumbre.

En estos dos ejemplos, el del sapo común y el del espinoso, los animales de distinto sexo se acercan lo más posible el uno al otro y vierten sus productos sexuales, óvulos y espermatozoides, en el agua. Así pues, en estas dos especies animales los huevos son inseminados por el macho después de haber salido del orificio sexual de la hembra. Según esto, la inseminación, en el caso del sapo común y del espinoso, tiene lugar fuera del cuerpo de la

madre. Este tipo de fecundación es denominado fecundación externa.

Sólo en un punto se diferencian la inseminación del sapo y la del espinoso. El sapo común macho abraza a su hembra, se aparea con ella e insemina los huevos pegado al cuerpo de su pareja. La hembra del espinoso deposita sus huevos en el nido sin haber tenido un contacto con el macho. Y allí, sin cópula propiamente dicha*, son inseminados por el macho.

Cuando la fecundación de los óvulos tiene lugar en el agua, fuera del cuerpo de la madre, se trata casi siempre, con muy pocas excepciones, de animales acuáticos. Sólo en el agua encuentran los delicados espermatozoides el medio adecuado para poderse mover y trasladar activamente. Sobre tierra firme, tanto ellos como los óvulos se desecarían en seguida. Por otra parte, los huevos nadando libremente por el agua son también presas mucho más fáciles para los enemigos. Es por eso que todos los animales acuáticos con fecundación exterior producen unas cantidades inmensas de huevos. Por ejemplo, las hembras de los erizos de mar expulsan de su cavidad abdominal cientos de miles de huevos al agua marina. La hembra de la carpa a menudo pone, en primavera, más de un millón de huevos. En el caso de los moluscos, que normalmente viven pegados en masa a rocas, piedras o palos, la fecundación de los óvulos es un puro juego de azar. Para que pueda existir siquiera una sola posibilidad de que espermatozoide y óvulo se encuentren, la ostra americana vierte más de cien millones de óvulos en el agua. Y como si se tratase de una orden del estado mayor, las ostras vecinas, todo el banco de ostras, expulsan sus gametos, produciéndose una especie de explosión. Las nubes de

* *Cópula:* unión sexual de dos individuos de distinto sexo. Sirve para introducir los espermatozoides en los conductos sexuales femeninos. Por regla general, el animal macho dispone de un aparato copulador destinado especialmente a este efecto.

esperma pura cubren de niebla los miles de billones de óvulos. La probabilidad de fecundación crece enormemente por la simultaneidad en la expulsión de óvulos y espermatozoides y por el gran número de gametos.

Para los animales terrestres, cuyo medio natural —el aire— es "hostil a los gametos", la inseminación ha de ser, por fuerza, problemática. En los apartados siguientes estudiaremos los tipos de apareamiento que han desarrollado los animales terrestres para obviar esta dificultad.

INSEMINACIÓN "MANUAL"

La araña de jardín o de cruz es un animal solitario. Hasta bien entrado el verano cada ejemplar vive en el borde de su tela, finísima red de caza, sin tener contacto con sus congéneres y preocupándose tan sólo de conseguir presas para su propio alimento. En los calurosos días de verano los machos, considerablemente más pequeños que las hembras, abandonan su tela y tejen aparte una pequeña "red de esperma" sobre la que depositan una gotita de semen. Después llenan con esta gota de semen los extremos de sus quelíceros* y se ponen en camino a la búsqueda de una hembra.

Si en una de sus correrías se encuentran con la tela de una hembra, se acercan a ella con toda precaución. Sujetan un hilito al borde de la telaraña y lo tienden hasta una rama o un tallo cercano. Entonces el macho empieza a pulsar el hilo rítmicamente, poniendo así toda la tela de la hembra en ligera vibración. Esta pulsación rítmica —tan distinta de los desesperados intentos por liberarse que llevan a cabo los insectos caídos en la red— atrae pronto a

* Los quelíceros o pedipalpos son unos apéndices en forma de patas situados a ambos lados de la cabeza. En el macho de la araña de cruz están provistos de un ensanchamiento bulbiforme. Este bulbo está construido como si se tratase de una jeringa, con la que se absorbe el semen.

la hembra hacia aquel hilo que, poéticamente, es designado por muchos autores como "puente de amor". El macho, con precaución, se desliza suspendido del hilo hacia su pareja, se detiene a una distancia respetuosa y vuelve a pulsar el hilo. Si la hembra se le acerca con violencia, el macho se da la vuelta y huye. Durante horas tiene lugar un continuo ir y venir por el hilo, hasta que la hembra se comporta con toda tranquilidad sobre el "puente de amor" y, como signo de su disposición al apareamiento, se cuelga cabeza abajo. Al adoptar esta postura presenta al macho, más pequeño que ella, su orificio sexual, situado en la parte inferior del voluminoso abdomen. Ahora es cuando el macho se atreve a acercarse, establece contacto físico y palpa el cuerpo de su pareja con las patas y los quelíceros. Sujeta con fuerza a la "novia" para que no pueda morderlo ni enredarlo con sus hilos y, entonces, conduce los quelíceros hacia los dos saquitos situados junto al orificio sexual y vierte allí el semen. El apareamiento en su totalidad apenas dura veinte segundos. Después de este coito "manual", durante el que, con mucha frecuencia, se rompe uno de los pedipalpos y se queda metido en el orificio sexual de la hembra como señal de apareamiento, el macho se apresura a escapar del peligroso campo de acción de las venenosas garras femeninas. Pero no rara vez tarda demasiado en soltarse de la hembra cortejada. Ésta despierta de la rígida postura en que había permanecido como en un éxtasis, colgada del hilo, agarra al macho, lo mata y, a continuación, lo succiona.

Los espermatozoides son almacenados por la hembra durante semanas e incluso meses en los dos saquitos en que los depositara el macho, hasta que en septiembre pone los huevos y, poco antes, los fecunda ella misma.

El apareamiento de la araña de jardín o de cruz presenta toda una serie de curiosidades: un órgano táctil, situado bastante lejos del orificio sexual del macho, se ha convertido en parte del aparato copulador. El apareamiento supone para el macho un peligro mortal. La fecundación no sigue inmediatamente al apareamiento, sino que lo único que ocurre es que se llenan los depósitos destinados a este efecto en el abdomen de la hembra. La inseminación propiamente dicha es llevada a cabo por la hembra misma mucho después.

¿Hemos elegido, pues, al fijarnos en la araña de cruz, un ejemplo poco habitual? De ninguna forma.

Los calamares macho emplean uno de sus brazos para transportar el paquete de semen al orificio sexual de la hembra. Las carpas dentadas vivíparas, los tiburones y las rayas han convertido las aletas en órganos genitales. Y en lo que se refiere a la "boda con consecuencias mortales", la mantis religiosa la lleva a cabo de forma bastante más brutal.

La hembra de este insecto depredador* cae sobre el pequeño macho y, ya antes del apareamiento, empieza a devorarlo por la cabeza. Es un espectáculo casi macabro ver cómo, luego, el macho decapitado monta a la hembra y realiza un apareamiento que puede durar horas. El americano Roeder demostró que un macho decapitado está en mejores condiciones para llevar a cabo el apareamiento que otro cuya cabeza aún permanezca en su sitio. En efecto, debajo del cerebro de la mantis religiosa se encuentra un centro nervioso del que parten impulsos que cohíben la actividad sexual. Expresándolo de una forma algo exagerada, se podría, pues, decir que al perder la cabeza antes del apareamiento el macho se libera de este centro inhibidor y entonces la cópula transcurre sin ningún tipo de freno.

También la cuestión de los receptáculos para el semen se da en algunas especies de insectos en variantes mucho más radicales. La abeja reina hace que, durante el vuelo nupcial, los zánganos le llenen hasta reventar los recep-

* La mantis religiosa debe este nombre a la peculiar postura que adopta cuando está acechando a una presa.

táculos seminales. Los espermatozoides permanecen vivos durante meses e incluso años. También las reinas de las termitas y de las hormigas inseminan ellas mismas los huevos con las provisiones de semen que tienen almacenadas.

Con seguridad, resulta apasionante incluir en nuestra investigación estos ejemplos de apareamientos exóticos, pero no debemos perder el hilo conductor. Habíamos elegido a la araña de cruz como ejemplo de inseminación en la que ésta se produce con una parte del cuerpo cuya función primaria no estaba, en principio, destinada a ser la reproductora*. En el próximo apartado estudiaremos, en el ejemplo del escorpión, otro tipo totalmente diferente de transportar el semen.

EL BAILE ALREDEDOR DEL ESPERMATÓFORO

Los escorpiones sólo se encuentran en los países cálidos. Durante el día se esconden bajo las piedras, bajo árboles caídos, en cuevas bajas y sitios similares. Es por la noche cuando desarrollan su actividad y salen a cazar.

A primera vista, los escorpiones dan la impresión de ser "cangrejos de tierra". Al tórax, compuesto por placas dorsales soldadas entre sí, le sigue el abdomen, móvil, que en sus cinco últimas partes se estrecha considerablemente y al final acaba en un apéndice vesicular terminado en punta, el aguijón venenoso. Como las arañas, también los escorpiones tienen cuatro pares de patas. Sus quelíceros (pedipalpos) se han desarrollado y fortalecido hasta convertirse en pinzas prensoras. Los orificios sexuales tanto del macho como de la hembra se encuentran en la parte inferior delantera del abdomen.

* Estas partes del cuerpo, transformadas para servir a los intereses del apareamiento, reciben el nombre de "falsos órganos de apareamiento".

Si se encuentran dos escorpiones de diferente sexo dispuestos al apareamiento, el macho agarra de frente las pinzas de la hembra con las suyas y la arrastra lentamente de aquí para allá. Después de este abrazo introductor, curva repentinamente su abdomen, armado con el aguijón venenoso, hacia delante, y pica a la hembra en la pinza. El aguijón permanece durante varios minutos dentro de la herida antes de que el macho lo retire. Una y otra vez se arquea el abdomen del macho hacia delante y el aguijón venenoso va a parar a los pedipalpos de la hembra.

Y es entonces cuando comienza ese espectáculo que, en tantos y tantos informes, ha sido descrito como "el baile de los escorpiones" y que el conocido experto en escorpiones Angermann, de una forma algo más prosaica, llama "marcha nupcial". Primero el macho, andando hacia atrás, arrastra a la hembra tras de sí hasta que ésta empieza a oponer resistencia. Durante más de noventa minutos el macho oprime a la hembra, tira de ella, la empuja y la hace girar mientras una y otra vez vuelve a arquear su aguijón hacia delante. Finalmente levanta a su pareja y le golpea el cuerpo rítmicamente con las patas delanteras. De nuevo, vuelve a picarla y entonces se levanta él mismo del suelo y por su orificio sexual deja caer un paquete de semen. Tan pronto como este paquete de semen* (fig. 5-5) está adherido al suelo, el macho dirige a la hembra sobre el mismo. También el cuerpo de ella está ahora claramente levantado sobre el suelo y se desliza por encima del paquete de semen. Entonces, la llamada válvula genital —situada junto al orificio sexual— agarra el repliegue del espermatóforo. Con un breve movimiento hacia atrás la hembra arranca el paquete de semen del pedúnculo y lo introduce en el orificio sexual. Al hacer esto las pinzas de los dos animales dejan de estar en contacto.

* Los paquetes de semen (espermatóforo) del escorpión son unas rampas de complicada construcción sobre las que están sujetas las gotas de semen.

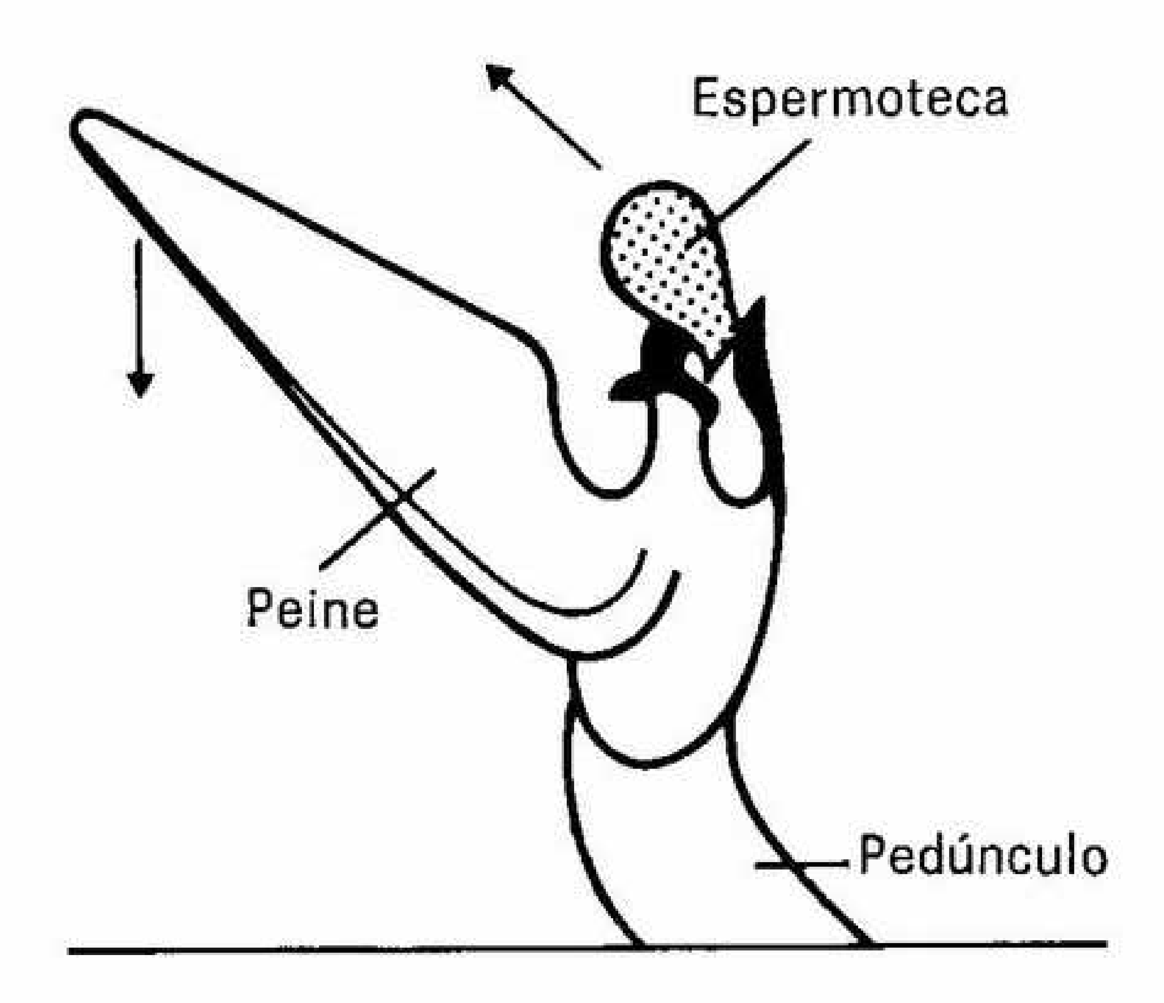


Fig. 5-5. Espermatóforo del escorpión.

El epílogo de esta transmisión seminal —en realidad aún bastante más complicada— es tarea exclusiva de la hembra. Devora el resto del espermatóforo y se separa del macho.

La inseminación indirecta mediante espermatóforos se encuentra en muchos grupos animales. Los colémbolos machos, unos pequeños y primitivos insectos, depositan en cualquier parte de la región paquetes de semen pedunculados y dejan a las hembras la tarea de encontrarlos. Los esmintúridos cercan a la hembra con gotas de esperma, también pedunculadas. Otros animales tienden largos hilos hacia el espermatóforo. Las hembras no necesitan más que seguir estos "hilos conductores" para llegar a ella. Los machos de una especie de sanguijuela, que vive como parásito de los perros, adhieren sus paquetes de semen, llenos de espermatozoides, a cualquier parte del cuerpo de la hembra. Un líquido especial procedente del espermatóforo va abriendo camino a través de la piel y de los músculos hacia el interior del cuerpo. Recorriendo este agujero llegan los espermatozoides a la cavidad abdominal. La sangre transporta algunos de ellos hasta los

óvulos, pero la mayoría son devorados por los leucocitos como si fuesen gérmenes patógenos. Las hembras de una especie de miriápodos muerden las gotas de esperma del pedúnculo y las conservan en un abazón. Después de la puesta de los huevos sin fecundar, la hembra se los mete en la boca de uno en uno y los reboza con una ración de espermatozoides. Es entonces cuando tiene lugar la fecundación propiamente dicha.

En todos estos casos de inseminación indirecta, el macho depone sus espermatozoides en una gota, la mayoría de las veces sobre un pedúnculo, y la hembra "recolecta" activamente las gotas del esperma. No sería difícil aducir otros ejemplos. Sin embargo, lo daremos ya por terminado y nos ocuparemos de la inseminación directa e interna, aquélla en la que los espermatozoides pasan directamente del orificio sexual masculino al femenino.

UN COITO DE EXTREMADA SENCILLEZ

El apareamiento de los dos petirrojos de nuestro capítulo inicial transcurría en tan sólo algunos segundos. Para el observador, es imposible saber cómo se lleva a cabo la cópula. Sólo hemos podido ver que el macho salta sobre el dorso de la hembra y que los abdómenes de ambos se oprimen mutuamente por unos instantes. Para comprender cómo tiene lugar el traslado del semen del macho a la hembra tendríamos que poder ver el interior de los animales implicados en esta acción.

Los dos testículos del macho están situados en la cavidad abdominal y unidos por medio de los conductos deferentes a la cloaca, esa parte final del intestino en que también desemboca el uréter. La hembra tan sólo tiene un ovario. Está situado en la parte anterior de la cavidad abdominal y en el período de puesta presenta un aspecto parecido al de un racimo con óvulos de distinto tamaño (figs. 5-6 y 5-7).

Fig. 5-5. Tipos de inseminación en el reino animal. *Arriba:* inseminación externa (peces). *En medio:* inseminación interna (aves). *Abajo:* inseminación interna (mamíferos).

Fig. 5-7. Esquemas de los órganos sexuales. *Arriba:* peces. *En medio:* aves. *Abajo:* mamíferos.

En el período de maduración, cada óvulo aumenta de tamaño constantemente gracias a la consumición de tejidos de reserva. Al final, el óvulo presenta la forma de una enorme yema de huevo, en uno de cuyos lados se encuentra el núcleo de la célula. Cuando un óvulo maduro explota* y su contenido de yema, es absorbido por el embudo del oviducto. Mediante los movimientos del oviducto es empujado hacia delante y al mismo tiempo, recubierto de capas de clara. En un estrechamiento el óvulo, rodeado ya de la clara, es envuelto por la fárfara, una delicada membrana. En el útero, un enganche del oviducto, el huevo es revestido por la cáscara que forman unas glándulas secretadoras de cal. De veinte a veinticuatro horas después de la eclosión folicular, el huevo, ya completamente formado, alcanza la vagina, un órgano musculomembranoso que secreta mucosidad. Allí puede ser retenido un cierto tiempo, luego resbala hacia la cloaca y desde aquí abandona el cuerpo de la ave.

¿Cómo puede ser fecundado este huevo, ya envasado con el material de construcción y los alimentos necesarios y rodeado, además, de una dura cáscara?

Los espermatozoides tienen que haber alcanzado y fecundado el óvulo mucho antes de que éste se rodee de todo tipo de sustancias, membranas y cáscaras. La fecundación sólo es posible arriba, en el oviducto ensanchado en forma de trompeta, ese embudo que acoge al óvulo tras la eclosión del folículo. Pero esto significa que los espermatozoides tienen que dejar tras de sí un largo camino desde los testículos del macho, pasando por el conducto deferente y la cloaca, hasta llegar a la cloaca de la hembra, el útero y el oviducto.

La mayoría de las aves macho no poseen ningún aparato copulador con el que puedan penetrar en profundidad en el cuerpo de la hembra. El macho y la hembra

* La explosión de este óvulo maduro se denomina eclosión folicular u ovulación.

acoplan la parte exterior de la cloaca formando un conducto tubular. Los bordes de las dos cloacas se oprimen uno contra otro, de forma que el semen del macho pueda ser inyectado inmediatamente desde el cuerpo de éste al cuerpo de la hembra. Pero, entonces, los ágiles espermatozoides tienen que caminar activamente hacia arriba a través del útero y del oviducto hasta alcanzar la rugosa parte superior de este último, que es una especie de contenedor de esperma y conserva los espermatozoides vivos y capaces de fecundar hasta un máximo de cuatro semanas.

EL PENE COMO APARATO COPULADOR FUE "INVENTADO" MUCHAS VECES

La cópula de los mamíferos se realiza, en principio, de forma muy parecida, con la única diferencia de que los machos mamíferos han desarrollado un órgano especial para esta función, el llamado pene. El pene es un tubo flexible y musculoso, rodeado por tejidos eréctiles en el que desemboca el conducto por donde se transportan el semen y la orina (figs. 5-6 y 5-7).

El miembro erecto es introducido en la vagina de la hembra mediante varias sacudidas de la pelvis, gracias a las cuales el pene es impulsado hacia delante en la vagina y, por último, se desencadena la eyaculación*. El semen pasa a la vagina de la hembra. De allí, los espermatozoides avanzan por el útero y el oviducto hasta las trompas. Y si en ese momento ha tenido lugar una ovulación, el óvulo es fecundado allí mismo.

En algunos mamíferos, como los ungulados, todo el proceso, desde la introducción del pene en la vagina has-

* Por cada eyaculación se expulsan entre mil setecientos y tres mil quinientos millones de espermatozoides.

ta la eyaculación, dura apenas unos instantes. En el caso de los perros, zorros y lobos, el coito, que también se llama la cópula, exige más tiempo. Tan pronto como el pene está dentro de la vagina, se hincha un órgano bulbiforme en la raíz del miembro masculino. En estado de erección alcanza un tamaño tal que llena por completo la vagina de la hembra. A causa de esto, los dos miembros de la pareja que llevan a cabo la cópula quedan encadenados el uno al otro por algunos minutos, eventualmente incluso horas. El macho ya no puede sacar su miembro de la vagina, y si se intenta separarlos en este estado de encadenamiento se ocasiona a los animales dolores, y, frecuentemente, también heridas.

Aparte de los mamíferos, también otros grupos animales han desarrollado aparatos copuladores que permitan una inseminación interna. Las tenias y las sanguijuelas, los caracoles y, sobre todo, los insectos disponen de órganos genitales en forma de pene. También las tortugas y los cocodrilos, los lagartos y las serpientes disponen de aparatos copuladores, a veces por parejas, es decir, dotados de un doble pene.

Entre los insectos, especialmente, es corriente que los órganos genitales estén construidos según el principio de la llave y la cerradura. Por ejemplo, el miembro de la mariposa *Zygaena filipendula* sólo puede entrar en la vagina de la hembra de su especie. Y si alguna vez llega a producirse una confusión y tiene lugar la cópula entre dos especies de *Zygaena* (lámina 5-9), esto puede tener consecuencias mortales para los implicados. El macho no puede sacar su pene, en forma de llave, de la vagina y sucumbe apareado pero condenado a muerte *in copula*.

Con esta breve observación sobre el variado desarrollo de los aparatos copuladores en todos los grupos animales posibles cerramos el tema dedicado a las prácticas de inseminación. En las ilustraciones de las páginas 142 y 143 están representadas, nuevamente, tres de las más frecuentes posibilidades de reproducción sexual.

ACERCA DE HERMAFRODITAS Y MADRES SOLTERAS

El caracol común es un hermafrodita, macho y hembra en el mismo animal. Cada animal sexualmente maduro produce en una sola glándula hermafrodita tanto espermatozoides como óvulos.

Se podría pensar que en esta especie animal, y en general en todos los hermafroditas, la fecundación no presenta ningún problema. Los óvulos y los espermatozoides están situados uno al lado del otro y no necesitan abandonar el cuerpo para la fecundación. Se pueden suprimir la búsqueda de pareja, los fatigosos juegos del cortejo y también la complicada acción de la cópula. Estos animales pueden fecundar sus óvulos por sí mismos y esto los hace totalmente independientes.

Pero si uno observa a los caracoles durante un período de tiempo prolongado, se encontrará con que siempre hay "parejas de caracoles". Los dos animales permanecen en la postura captada por el fotógrafo, unidos por la superficie que habitualmente emplean para arrastrarse por el suelo. ¿Qué es lo que hacen los dos en esa postura? Pues bien, se inseminan recíprocamente. Cada uno de los dos caracoles ejerce para el otro el papel del macho. La inseminación se realiza, pues, a dos bandas. Una autofecundación no se da prácticamente nunca. En casi todos los casos conocidos de hermafroditas, el animal en cuestión se toma la molestia de que sus óvulos sean fecundados por los espermatozoides de otro individuo de la especie; y, por lo tanto, la fecundación no tiene lugar dentro del mismo cuerpo sino entre dos extraños.

Después de haber estudiado al inicio del quinto capítulo el proceso de la fecundación, tendría que estar claro para nosotros el sentido biológico de esta forma de llevar a cabo la inseminación entre los hermafroditas.

Al ser llevada a cabo la fecundación por un animal dis-

tinto, se mezclan y se confunden los factores hereditarios de dos animales. Los descendientes nacen con nuevas combinaciones de rasgos hereditarios. Surgen nuevas variaciones dentro de la misma especie animal. Y estas variaciones proporcionan, a su vez, un punto de partida para la ulterior evolución de la especie*

El sentido más profundo de la fecundación mediante individuos distintos —y de la reproducción sexual en general— reside en esta mezcla de factores hereditarios, que es posible por la fusión de cromosomas paternos y maternos durante la fecundación. La reproducción sexual sirve, en primer lugar, para aumentar la riqueza de variación dentro de una especie. Cada descendiente de dos padres con diferente material genético es una novedad que debe hacerse valer por sí misma. Si es aceptable, ventajosa o perjudicial es algo que sólo se decide en la práctica de la vida diaria, en el enfrentamiento con el medio ambiente. El clima, los enemigos y algunos otros factores más se encargan de eliminar los ejemplares no adaptados (selección). Sólo las variaciones ventajosas acabarán por imponerse.

En la autofecundación, por ejemplo, de la tenia, que también es hermafrodita, se unen gametos masculinos y femeninos de un solo y único animal. Convergen los mismos factores hereditarios, de forma que la descendencia tiene los mismos rasgos distintivos que el que la engendró. Muchos animales, especialmente los más sencillos, se reproducen de dos formas diferentes. La ameba, que sólo consta de una célula, en condiciones de temperatura y alimentación favorables se divide por simple bipartición (mitosis). De una sola ameba madre surgen dos amebas hijas. Éste es un simple procedimiento de multiplicación, que aumenta la especie animal cuantitativamente y es impor-

* Esta constatación también es válida, en la misma medida, para el mundo de las plantas.

tante para su propagación. Mediante esta reproducción asexuada por bipartición nacen dos animales hijos del anterior, pero exactamente con los mismos factores hereditarios.

No obstante, de vez en cuando, también entre las amebas tienen lugar "actos sexuales". Dos ejemplares se ponen el uno junto al otro y funden en uno todo su cuerpo celular* (lámina 5-11). De dos amebas ha resultado una sola: ha tenido lugar una disminución numérica. Pero, en compensación, el nuevo ser, engendrado sexualmente, presenta una nueva combinación de factores genéticos.

En algunas especies de insectos, como los pulgones y los insectos palo, conviven los dos tipos de reproducción, la sexual y la asexuada.

Los pulgones hembra ponen en otoño huevos fecundados que reciben el nombre de "huevos hibernantes" por pasar en este estado todo el invierno. De estos huevos, tan resistentes al frío invernal, nacen en primavera las crías y todas ellas son de sexo femenino. Estas hembras, y también la generación siguiente, traen al mundo crías vivas sin haberse apareado**. Hasta que llegue otra vez el otoño se suceden una tras otra nuevas generaciones de hembras nacidas por partenogénesis. Al final de la estación cálida, quizá a consecuencia del enfriamiento general, la última generación de hembras produce crías machos y hembras. Los machos realizan la cópula con las hembras. Y éstas vuelven a poner huevos fecundados protegidos por una envoltura que les permite sobrevivir al invierno.

Como se puede ver, la reproducción asexuada y también la unisexual mediante partenogénesis demuestran ser

* En otras especies de amebas, los dos animales llevan a cabo este acto sexual adosándose el uno al otro e intercambiando material del núcleo. Después de esta conjunción se vuelven a separar los dos individuos.

** El desarrollo de un ser vivo a partir de óvulos no fecundados se conoce en la literatura científica con el nombre de partenogénesis.

un procedimiento orientado exclusivamente a la multiplicación de la especie. La reproducción sexual, por el contrario, es un acto que tiene como objetivo el cambio, la creación de novedades. Sólo este tipo de reproducción puede explicarnos la necesidad de que haya en la naturaleza animales de distinto sexo, de que haya machos y hembras. El objetivo, la unión de los gametos, la fecundación, se consigue en la naturaleza por diferentes caminos.

La fecundación exterior, sólo posible en el agua, es, ciertamente, menos complicada en su proceso, pero también, en cambio, más insegura en lo que se refiere a las posibilidades reales de fecundación y supervivencia de los descendientes. Por eso, los animales acuáticos con fecundación exterior producen unas cantidades enormes de gametos. El método, en sí mismo inseguro, es compensado por el gran número de gametos.

La fecundación interna, practicada tanto en el agua como en tierra, exige un número considerablemente menor de descendientes. Depende menos de la casualidad y del azar, protege los huevos o las crías durante más tiempo y mejor y, por lo tanto, es más segura. En compensación, la fecundación interna exige el contacto físico entre la pareja y éste sólo es posible si primero se anula el recelo natural ante el congénere. Esta anulación del miedo recíproco hace necesarias acciones de cortejo, que, en parte, resultan ser largas y tremendamente complicadas.

Hemos visto también —en los ejemplos de la araña, el escorpión, las aves y los mamíferos— los diferentes métodos que la naturaleza ha desarrollado para hacer posible el traspaso de los espermatozoides. Cada uno de estos métodos conduce por caminos diferentes al mismo fin.

VI. ¿CÓMO SABEN ELLOS CUÁNDO ES ÉPOCA DE APAREAMIENTO?

La condición necesaria para que haya entre dos animales contacto físico, cortejo y apareamiento es que estos animales se pongan en movimiento, salgan el uno al encuentro del otro, se busquen. Recordemos que en el caso de la lagarta peluda macho eran algunas moléculas olorosas de la hembra las que provocaban en él una cierta intranquilidad, la necesidad de volar y, finalmente, el vuelo de búsqueda. Este comportamiento de búsqueda es desencadenado inequívocamente por un estímulo exterior: el olor. En cambio, en el caso del petirrojo hembra, que en diciembre abandona su territorio y sale a la búsqueda de un macho, no podemos hacer una declaración tan concluyente. Sin embargo, también las hembras enjauladas, que no pueden ver ni oír a sus congéneres, cambian su comportamiento en invierno, cesan de cantar y andan a saltitos recorriendo intranquilas la jaula; así pues, parece seguro que este comportamiento de apetencia* no es de-

* *Comportamiento de apetencia:* búsqueda de un estímulo desencadenante, por ejemplo, una pareja, una presa, agua, etc.

sencadenado en ellas por estímulos procedentes de la pareja, sino que se produce espontáneamente, dirigido y controlado desde dentro.

En los dos casos, la lagarta peluda y el petirrojo, debe de existir un impulso interno que obliga a los animales a salir a la busca de su pareja. Al principio es posible que esta búsqueda carezca de dirección determinada, pero tan pronto como el sujeto de la misma se encuentra en una determinada situación desencadenante, es decir, en cuanto tropieza con los estímulos clave de su pareja, esa búsqueda al azar se convierte en un movimiento claramente dirigido y orientado hacia el otro. Se establece contacto entre los dos interesados.

En el caso de la lagarta peluda, todo transcurre muy rápidamente, sin ningún tipo de cortejo. El macho se aparea con la hembra tan pronto como la encuentra. En el caso del petirrojo y otras muchas especies animales, hace falta un cierto tiempo hasta que la pareja se ha acostumbrado el uno al otro y llegan, tras una fase más o menos larga de cortejo, al apareamiento.

Ya sabemos cómo transcurre temporalmente el comportamiento del petirrojo en lo que afecta a la reproducción. En el primer capítulo habíamos construido una especie de reloj anual donde veíamos que la búsqueda de pareja, el cortejo y el apareamiento parecen ser un problema no sólo espacial, sino también temporal. ¿Qué ocurre con otros animales?

EL HORARIO DEL VENCEJO

El vencejo se cuenta entre las últimas aves migratorias que anualmente regresan al lugar en que nacieron. Es un pájaro de color negro sucio, línea elegante y muy rápido que anida en las grietas de los muros, bajo los aleros de los tejados o en las hendiduras de las rocas. Aparece de repente en los primeros días de mayo y se precipita sobre

los tejados de la ciudad con un sonoro y agudo "srrrih".

Tarda aproximadamente diez días en construir su nido con pajitas y plumas que atrapa al vuelo y recubre con saliva viscosa para dar solidez a la construcción. Si al volver se encuentra su solar ancestral* ocupado por gorriones domésticos, los expulsa tras un breve pero violento combate. Luego tapia con todo rigor el nido de los gorriones sin importarle lo más mínimo si los polluelos pían pidiendo comida o si hay huevos dentro. Simplemente, "empareda" la nidada ajena sin más miramientos.

A mediados de mayo ya hay en esa resistente artesa que es el nido de los vencejos dos o tres huevos blancos, alargados y sin brillo. Los dos padres empollan los huevos alternativamente durante dieciocho o veinte días, hasta que los polluelos, totalmente desprovistos de plumaje, rompen la cáscara. Desde principios de junio hasta mediados de julio —lo que supone una prolongada estancia** en el nido paterno—, los hambrientos polluelos son alimentados constantemente, sin interrupción, con albóndigas de insectos, es decir, unas bolitas de alimento elaboradas en el esófago de los pájaros más viejos. En la segunda mitad de julio, los jóvenes vencejos ya son capaces de volar. Se empujan hacia fuera del nido situado en el muro, se dejan caer y se alejan volando como si en toda su vida no hubieran hecho otra cosa.

Durante pocos días más se pueden ver en el cielo las escandalosas bandadas de vencejos precipitándose por las estrechuras de las calles y persiguiéndose alrededor de los frontispicios de las casas. A principios de agosto ya no se oye su griterío. Durante la noche han levantado el vue-

---

* Los vencejos no sólo permanecen fieles a la región en que nacieron y vuelven cada año a ella, sino que también en gran medida tienen una fuerte vinculación con el nido.

** La larga duración de la estancia en el nido se debe a que el vencejo tiene que desarrollar unas alas más largas (en términos relativos) que el resto de las aves y además tiene que saber volar inmediatamente después de haber abandonado el nido por primera vez. Un aterrizaje sobre el suelo sería mortal para él, pues con sus patas, extraordinariamente cortas, nunca lograría volver a remontar el vuelo.

lo y se han puesto en ruta para recorrer un largo camino hasta Sudáfrica.

Así pues, el vencejo no tiene prácticamente tiempo para una segunda nidada. Si los pájaros adultos pierden sus crías —por ejemplo, a causa de repentinas rachas de frío en mayo o junio—, construyen un nuevo nido en sustitución del anterior y también empollan la nueva puesta, pero los polluelos no tienen posibilidad alguna de sobrevivir, porque a principios de agosto los padres levantan el vuelo irremisiblemente y se van. Se ponen en camino hacia sus lejanos cuarteles de hibernación sin importarles si las crías son ya capaces de volar o si todavía pían en el nido reclamando alimento. Para los profanos, este comportamiento resulta incomprensible. Para el biólogo, es simplemente una indicación de que la época de reproducción del vencejo transcurre de acuerdo con un horario extremadamente preciso y rígido que apenas deja libertad de movimiento para quebrantarlo a cada individuo de la especie.

LAS ÉPOCAS DE APAREAMIENTO ENTRE LOS ANIMALES

También otras aves migratorias* —ya se trate de currucas, colirrojos o zorzales, cigüeñas o golondrinas— vuelven anualmente en primavera, más o menos al mismo tiempo, a su patria natal desde sus cuarteles de invierno y cumplen un horario parecido al del vencejo en lo que se refiere a la búsqueda de pareja, el cortejo, la incubación y la cría de los polluelos. La única diferencia es que disponen de más tiempo para la reproducción, pues llegan antes y se marchan más tarde.

Y lo que es válido para el sedentario petirrojo es válido también para otras aves sedentarias*. Cada año en primavera —para nosotros la cosa más natural del mundo— podemos observar las luchas territoriales, el canto, la construcción del nido y la cría de los polluelos de mirlos, pinzones y páridos más o menos dentro del mismo ámbito.

Pero, tan pronto como abandonamos nuestra región climática y las latitudes medias** y nos dirigimos hacia aves que viven en zonas secas, al margen del desierto o en la estepa, descubrimos algunas irregularidades. Las épocas de apareamiento del Quelea de pico rojo *(Quelea quelea)*, que vive en África, y de algunos pinzones cebra de Australia tienen lugar sin ninguna relación con la estación del año. Sólo se reproducen después de un fuerte aguacero. Y como en estas zonas secas de Africa y Australia la lluvia no es anual ni, mucho menos, previsible, ocurre algunos años que hay especies de aves, como las antes citadas, que no se reproducen. Pero también se dan de vez en cuando años con dos y hasta tres épocas de apareamiento, a saber, cuando llueve repetidamente en la región. Así pues, estas aves de las regiones secas no siguen ningún horario fijado de acuerdo con las estaciones del año.

Hay otra clase animal, los anfibios, en que encontramos fenómenos parecidos a los que hemos observado en las aves. Las ranas, sapos, tritones y salamandras de nuestras regiones se dedican en primavera o principios del verano a los "asuntos" de la reproducción. Apenas se funde la nieve, la rana bermeja empieza el apareamiento en el agua baja. A finales de abril comienza el pequeño tritón crestado a cortejar a una hembra. Algunas semanas des-

---

* *Aves migratorias:* aves que llevan a cabo movimientos migratorios todos los años, con regularidad y según las estaciones.

* *Aves sedentarias:* aves que nunca salen de un estrecho ámbito, en el que pasan toda su vida. En el sur de Alemania, el petirrojo es un ave sedentaria, pero en otras partes de Europa es un ave migratoria.

** *Latitudes medias:* zonas climáticas con veranos cálidos, inviernos fríos e importantes lluvias veraniegas.

pués le sigue el gran tritón crestado, cuya hembra deposita en mayo sus numerosos huevos en las plantas acuáticas. Más o menos en la misma época desova la rana acuática en charcas y lagunas. A ella se añaden en junio el unque de vientre amarillo y la ranita de S. Antón.

Algunos anfibios de las zonas secas desconocen —como ocurría entre las aves con el tejedor y el pinzón cebra— esta dependencia de las estaciones. W. F. Blair ha investigado siete especies de ranas en el sur de Estados Unidos y comprobó que los machos de seis de estas especies empiezan a croar y se aparean con las hembras siempre, invariablemente, después de llover. Tan sólo una especie demostró ser independiente de la lluvia y poner sus huevos cada año, regularmente en el mes de mayo.

Mucho más polifacéticos se nos presentan los peces. La mayoría de ellos desova en primavera o en verano; otros, como los salmónidos (trucha, salmón), desovan en invierno. Entre las especies tropicales muchas desovan durante todo el año, otras sólo cuando el agua del río alcanza un determinado nivel y unas terceras sólo en época de lluvias. El chucleto, que habita en California, se deja arrojar por la marea alta a la parte de la playa más alejada del agua para enterrar el producto de su desove en la arena, pues los huevos en el agua morirían en seguida. Estas zonas sólo están al alcance de las olas cuando hay luna nueva o luna llena. Esta misma dependencia de las fases lunares se puede observar en el gusano palolo del Atlántico y del Pacífico. Estos gusanos viven en las grietas profundas de los corales. Una o dos veces al año abandonan su asentamiento de arrecife y nadan libremente por la superficie del agua para expulsar sus gametos. La gran masa de gusanos palolo del Pacífico aparece, anualmente, entre el siete de noviembre y el veintidós de diciembre; la del Atlántico, en julio.

El caso de los mamíferos vuelve a presentarnos nuevas modalidades. Se regulan por ciclos sexuales periódicos y severamente fijados.

Un gran número de mamíferos tiene sólo una época de celo* al año. Las hembras del zorro plateado sólo pueden concebir en febrero, en un período que dura de uno a seis días; las hembras del puerco espín sólo durante unas horas del mes de noviembre. Nuestras especies de caza —el corzo, el venado, el gamo e incluso el zorro y el tejón— también tienen una única época de celo al año.

Otras especies animales —muchos de los mamíferos tropicales y nuestros animales domésticos— están en celo varias o muchas veces al año. Los perros caseros entran en celo dos veces al año, en primavera y en otoño; los gatos, independientemente de la estación, cada cuatro meses. El caballo, el cerdo doméstico y el buey tienen ciclos cuya duración va de diecinueve hasta veintidós días. En este período, la yegua está alta de cinco a nueve días, la cerda dos días, la vaca sólo durante trece o catorce horas. Esto quiere decir que sólo en estas horas y en estos días las hembras permiten a los machos realizar la cópula. En ratas de laboratorio los ciclos se suceden cada cuatro días y en los antropoides —más o menos como en el ser humano— duran de tres a cinco semanas.

Después de esta breve e incompleta panorámica sobre las épocas de apareamiento de los animales, podemos deducir que el apareamiento del reino animal se da durante todo el año y que los acontecimientos relacionados con la reproducción pueden configurarse entre el macho y la hembra de acuerdo con distintos patrones.

Hay un gran número de animales —por ejemplo, los peces, anfibios y aves de nuestra zona climática— que se aparean anualmente en determinadas estaciones del año.

---

* *Celo:* estado de excitación sexual que se repite regularmente a intervalos temporales determinados. En la época de celo, machos y hembras se reúnen en parejas. El celo suele estar acompañado por profundos cambios en la anatomía del animal que, en parte, están destinados al rechazo de los competidores del mismo sexo y, en parte también, a aumentar la excitación sexual de la pareja (ornamenta, trajes nupciales, producción de sustancias con un intenso olor). En muchos mamíferos, además, los testículos cambian en esta época su emplazamiento, pasando de la cavidad abdominal al escroto.

Estos animales están sometidos a un ciclo reproductor de larga duración que transcurre regularmente y está en inequívoca relación con la estación del año.

Algunas especies animales, como el chucleto y el gusano palolo, también tienen ciclos reproductores regulares y largos, pero esta vez dependiendo de las fases lunares.

Un tercer tipo de especies animales, especialmente los animales de las zonas secas, depende en su actividad reproductora de las precipitaciones lluviosas, temperaturas, niveles de agua de los ríos y algunos otros factores: son ritmos irregulares de larga duración sin relación con la estación del año.

Una serie de mamíferos —como las ratas, los gatos y los monos— parece funcionar independientemente de los factores externos. Su disposición al apareamiento se presenta regularmente a determinados intervalos: ciclos reproductores de breve duración.

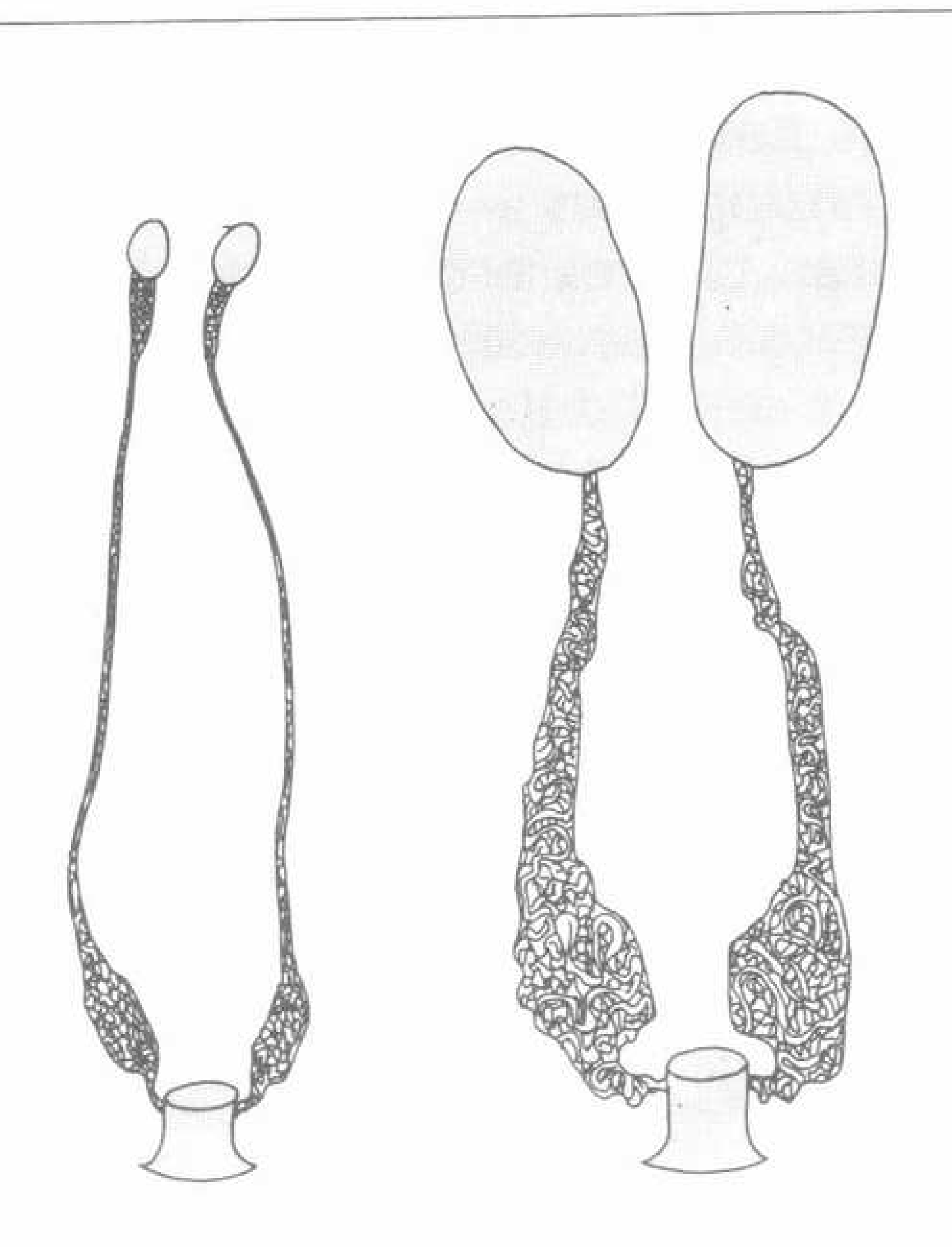


Fig. 6-1. Testículos del estornino en noviembre (izquierda) y en abril (derecha).

Con esto hemos logrado un primer punto de apoyo para nuestra investigación: sabemos que los animales están sometidos a ciertos ritmos. Pero, ¿qué o quién ejerce la función de reloj? ¿Quién dirige los procesos, a veces realmente complicados, entre machos y hembras, entre los padres y su descendencia? ¿Quién les dice o les hace señales de que se pongan en camino para buscar un territorio o el lugar indicado para el nido? ¿Quién da lugar a que busquen a su pareja, a que cortejen a una hembra y se apareen con ella?

Sabemos realmente muy poco acerca de por qué medio se pone en marcha, en el momento adecuado, el comportamiento reproductor de los animales; cómo se produce la sincronización entre macho y hembra, por qué el "interés" por la pareja y las crías declina después de un determinado tiempo y, finalmente, se extingue por completo. Sólo en algunas especies animales se ha conseguido, paulatinamente y mediante largos experimentos, comprender algo de estos mecanismos rectores.

MADURACIÓN DE LAS GLÁNDULAS GENITALES Y COMPORTAMIENTO REPRODUCTOR

Se ha observado en los machos de los estorninos ingleses que sus testículos empiezan a crecer anualmente ya en septiembre u octubre, aunque es en primavera cuando, tras un impresionante crecimiento repentino, alcanzan el tamaño suficiente para producir espermatozoides maduros. Con este crecimiento de los testículos* se produce

* En invierno, cuando no pasan más que unas pocas horas desde el comienzo del día hasta la penumbra del atardecer, los testículos son realmente minúsculos. Tan sólo pesan cinco miligramos. Pero al ir aumentando en primavera la duración de los días, los testículos crecen también hasta llegar a pesar doscientas veces más que en invierno.

también un cambio en el comportamiento del estornino macho. Mientras que en otoño e invierno buscan la compañía de sus congéneres y forman gigantescas bandadas, en primavera se separan de la bandada. Los machos buscan cuevas o huecos donde poder construir el nido y empiezan a cantar. Con ello atraen hacia sí a las hembras; cuando lo han conseguido, las cortejan durante semanas en medio de gran excitación y, finalmente, se aparean con ellas. Este paralelismo cronológico entre el tamaño de los testículos y el comportamiento sexual —paralelismo que también se puede observar en otras especies animales— hace sospechar que existe una relación entre el tamaño de las glándulas genitales y la conducta de apareamiento.

Si antes de la madurez sexual extirpamos, experimentalmente, los testículos de algunos estorninos macho mediante la operación conocida con el nombre de "castración", los animales operados no muestran, en circunstancias por lo demás normales, ningún comportamiento sexual. Si castramos las hembras, igualmente antes de la madurez sexual, mediante una intervención en que son extirpados los ovarios, el resultado obtenido es muy similar. Las hembras o no reaccionan en absoluto o incluso reaccionan negativamente ante las proposiciones de cortejo de los machos en celo y no permiten el apareamiento.

Esta experiencia es ya antigua e incluso es utilizada por el hombre para su propio beneficio desde hace mucho tiempo. Para evitar apareamientos no deseados entre machos y hembras de los animales domésticos y, al mismo tiempo, para amansar a los machos —que en época de apareamiento se vuelven rebeldes y, a menudo, salvajes— se castra a los caballos enteros y se los convierte en dóciles caballos capones; igualmente, los toros, tras la castración, se vuelven bueyes mansos. Por diferentes motivos se castra hoy en día a los perros, los gatos y los gallos.

Así pues, con ayuda de la castración se puede demostrar que la existencia o el defecto de glándulas genitales

activas tiene una influencia decisiva en el comportamiento sexual. Pero, ¿cómo pueden influenciar los gametos, tanto óvulos como espermatozoides, en el comportamiento de un animal que es gobernado por el cerebro?

Los cambios de conducta en un animal castrado no empiezan a observarse hasta unas horas o unos días después de la operación, mientras que los procesos nerviosos son casi instantáneos. Si fuesen los nervios los intermediarios entre los testículos y el cerebro, el cambio de comportamiento tendría que ser perceptible inmediatamente después de la castración. Pero como los animales disponen de un segundo sistema rector aparte del nervioso, el sistema hormonal, parece más bien que, de acuerdo con lo observado, nos hallamos aquí ante una hormona. Las hormonas son unos agentes químicos, producidos por glándulas específicas*, que llegan a todas las zonas del cuerpo a través de la sangre; por eso su influencia en los órganos es más lenta que la de los impulsos nerviosos.

Tanto en los testículos como en los ovarios existen unas asociaciones celulares especiales que producen hormonas. Estas glándulas hormonales se activan al mismo tiempo que el crecimiento de los testículos y de los ovarios, realizado con anterioridad a la época de reproducción, secretando entonces, en abundancia, andrógenos** y estrógenos***. ¿Son quizás estos emisarios químicos los que provocan en el animal ese comportamiento que hemos llamado "celo"? La respuesta nos vendrá dada por un experimento.

Si a un gallo castrado le inyectamos andrógenos en un vaso sanguíneo o le injertamos tejido de los testículos,

---

* La mayoría de las hormonas son producidas en glándulas de secreción interna y vertidas directamente a la sangre en cantidades muy pequeñas, apenas mensurables.

** *Andrógenos:* hormonas masculinas producidas en las glándulas genitales. Sus principales representantes son la testosterona y la androsterona.

*** *Estrógenos:* denominación de conjunto para las hormonas de las glándulas genitales femeninas producidas en el folículo ovárico (estrona, estriol, estradiol).

despierta de nuevo su actividad sexual. Empieza a cantar, reta a sus rivales a luchar e intenta aparearse con las gallinas. Si se pone a hembras castradas un tratamiento de estrógenos o se les vuelven a implantar los ovarios, estas intervenciones desencadenan, tras algún tiempo, la típica conducta de hembra dispuesta al apareamiento.

Estos experimentos hormonales resultan especialmente impresionantes cuando son realizados con animales aún no desarrollados sexualmente, como, por ejemplo, con pollitos. Se logra de ellos que canten, luchen e intenten aparearse de forma totalmente agresiva y precoz. Las gallinas jóvenes se encogen e invitan a los gallos a la cópula.

Los resultados de estos experimentos se pueden observar en cualquier época del año y se pueden obtener también con otras especies de aves e incluso con mamíferos castrados. Si, por ejemplo, sometemos a un tratamiento con andrógenos en mitad del invierno a faisanes macho, que normalmente no se ponen en celo hasta la primavera, tres o cuatro días después empiezan los animales tratados con hormonas a cortejar a las hembras e intentan montarlas sin importarles que haga frío y que haya varios palmos de nieve*. Este experimento nos muestra que las hormonas sexuales pueden ejercer sus efectos durante todo el año. Pero al mismo tiempo, podemos deducir de él que el sistema nervioso central tiene que conservar intacta su capacidad de reacción también durante todo el año. Es la aparición de la hormona sexual, transportada desde las glándulas genitales por la corriente sanguínea, la que provoca un estado que repercute en el comportamiento del animal. Por ejemplo, es bloqueado el comportamiento social que mantiene a los estorninos unidos en la bandada, mientras que se activan otras formas de conducta, como el instinto de lucha contra los rivales, el cortejo de la hembra, etc. Las hormonas crean, pues, estados de ánimo.

* Este experimento tuvo consecuencias de mayor alcance aún, a las que hemos de volver en la página 177.

De modo que podemos afirmar lo siguiente: No son las glándulas genitales en sí mismas, sino los andrógenos y estrógenos, producidos en glándulas hormonales específicas, los que despiertan en el animal el instinto de reproducción y desencadenan en él, por medio del sistema nervioso central (cerebro), un comportamiento sexual*.

UNA GLÁNDULA PEQUEÑA PERO DECISIVA

Naturalmente esta constatación no es ni mucho menos suficiente para explicar qué o quién pone en marcha las glándulas genitales junto con las glándulas hormonales.

Del mismo modo que el cerebro ejerce en el ámbito del sistema nervioso las funciones de una central superior donde se controlan las conexiones y se toman las decisiones que afectan al conjunto, así también las glándulas hormonales de un cuerpo animal** están subordinadas a una central que las influye y dirige. Bajo el cerebro, en la base de lo que se llama hipotálamo, se encuentra una pequeña glándula hormonal, la hipófisis. Ella es el regulador central de muchos procesos hormonales. También en nuestro caso es ella la primera sospechosa de influir en la producción hormonal de las glándulas genitales, sobre todo teniendo en cuenta que hay una parte de la hipófisis, concretamente su lóbulo anterior, que sufre un sensible cambio poco antes de empezar el crecimiento de las glándulas

* El comportamiento sexual de los insectos no parece estar regido por las hormonas de las glándulas genitales, pues la extirpación quirúrgica de los ovarios o los testículos no produce ningún cambio en el comportamiento de estos animales.

** Las glándulas hormonales más importantes son: las glándulas tiroides y paratiroides, las cápsulas suprarrenales, las glándulas genitales y la hipófisis.

genitales. El lóbulo posterior de la hipófisis crece también y secreta hormonas.

Pero, ¿son realmente estas hormonas de la hipófisis las que originan la maduración de las glándulas genitales? De nuevo, tenemos que recurrir para comprobarlo a un experimento.

Si a un animal fuera de la época de reproducción, cuando las glándulas genitales descansan en total ausencia de actividad, le inyectamos hormonas producidas por la hipófisis, comenzarán a crecerle algunos días después de las glándulas genitales. Al poco tiempo, se pondrá en celo e iniciará el cortejo.

Las hormonas gonadotropas* de la hipófisis son, pues, las que dan la señal para que empiece el crecimiento de las glándulas genitales y las que ponen en marcha los procesos de maduración en los testículos de los machos y en los ovarios de las hembras. También es efecto suyo la secreción de andrógenos y estrógenos. Pero si inyectamos hormonas gonadotropas de la hipófisis en los vasos sanguíneos de un animal castrado, no obtendremos ningún tipo de reacción.

Mediante estos resultados experimentales con hormonas gonadotropas nos es posible ahora establecer una segunda posición: la hipófisis actúa indirectamente sobre el comportamiento sexual. Con sus hormonas gonadotropas es ella la que da la señal para el crecimiento de las glándulas genitales y para que éstas, a su vez, formen sus propias hormonas. Estas hormonas sexuales actúan luego sobre el cerebro, que dirige el comportamiento sexual.

Con esto, ya hemos progresado un paso más, pero nuestro problema aún no está resuelto. Ahora nos tenemos que preguntar qué es lo que incita a la hipófisis a crecer y a secretar hormonas gonadotropas.

* *Gonadotropas:* son dos hormonas, la folicoestimulina y la luteinoestimulina, dirigidas hacia las glándulas genitales.

La hipófisis está unida por un pedúnculo a la base del hipotálamo. Este pedúnculo es atravesado por vasos sanguíneos y fibras nerviosas. Por lo tanto, la hipófisis está en conexión directa con el cerebro. Si se estimula el hipotálamo de un animal con impulsos eléctricos, la hipófisis empieza a secretar hormonas gonadotropas. Podemos deducir de este hecho que la hipófisis recibe señales del hipotálamo. Pero como el hipotálamo, a su vez, está en conexión directa con el resto del cerebro, surge la pregunta de si son estímulos exteriores, captados por los órganos sensoriales y transmitidos a través del cerebro, los que impulsan la hipófisis* o si existe acaso dentro del propio cerebro un mecanismo independiente, una especie de reloj interno que estimula la hipófisis en el momento preciso.

CUANDO LOS DÍAS SE ALARGAN

De todos los influjos externos a los que está sometido un animal en el transcurso del año, el que varía de una forma más constante es la relación entre luz y oscuridad, es decir, la duración de los días. Todos los demás factores —como, por ejemplo, la temperatura, la humedad del aire y la presión atmosférica— están sometidos a desviaciones considerablemente mayores. Ahora bien, hemos observado que también el desarrollo de las glándulas genitales empieza cada año con regularidad, se intensifica luego y, tras un determinado tiempo vuelve a disminuir; comparemos, pues, la evolución que tiene lugar en el desarrollo de los testículos del gorrión común y el cambio en la duración de los días durante el año (fig. 6-2).

Las dos curvas muestran el mismo perfil, aunque con un desplazamiento temporal. Cuando, a finales de diciem-

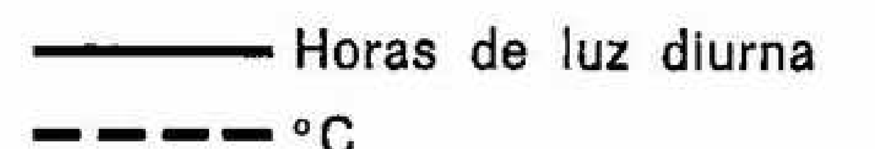
* En la página 169 se seguirá examinando la cuestión de hasta qué punto es correcto decir que los órganos sensoriales registran o miden los estímulos exteriores.

bre, empieza a alargarse la duración del día, comienza de forma paralela el crecimiento progresivo de los testículos. A finales de abril, con aproximadamente trece horas y media de luz diurna, los testículos alcanzan el mayor grado de su desarrollo y también de su actividad. Mientras que la curva de la luz diurna aún sube hasta finales de junio, el engrosamiento de los testículos y su actividad disminuyen claramente en ese mismo período. A finales de julio, con más de catorce horas de luz diurna, están ya muy empequeñecidos y, consecuentemente, tampoco se observa ya ninguna actividad reproductora en el gorrión.

También otras aves canoras de nuestra zona climática muestran este paralelismo entre los dos perfiles, el de la curva que representa el engrosamiento de los testículos y el de la curva que representa la duración de la luz diurna. ¿Qué podemos deducir del recorrido de estas dos gráficas? Parece existir una dependencia entre el engrosamiento de los testículos y la duración del día, dependencia que, sin embargo, sólo es válida para el período de crecimiento de los testículos. Lo que no está claro es por qué el testículo se sigue desarrollando en marzo, con trece horas de luz al día, mientras que en junio, con la misma duración del día, sufre una involución.

Ahora vamos a comprobar estos resultados, experimentalmente, en las aves que anidan en primavera. Nada más obvio para contestar a nuestras preguntas que someter a algunas de estas aves a condiciones luminosas variadas artificialmente.

Si obligamos a algunos estorninos a vivir con luz artificial y esta luz artificial va aumentando en duración desde enero, de acuerdo con la duración de la luz diurna, día a día hasta llegar a doce horas y media y luego se detiene, entonces los testículos no se activan. Los animales sometidos al experimento no cortejan y permanecen sexualmente inactivos. Pero si se realiza el mismo experimento continuando con el progresivo aumento de la luz diurna artificial hasta llegar a dieciséis horas por día, entonces co-



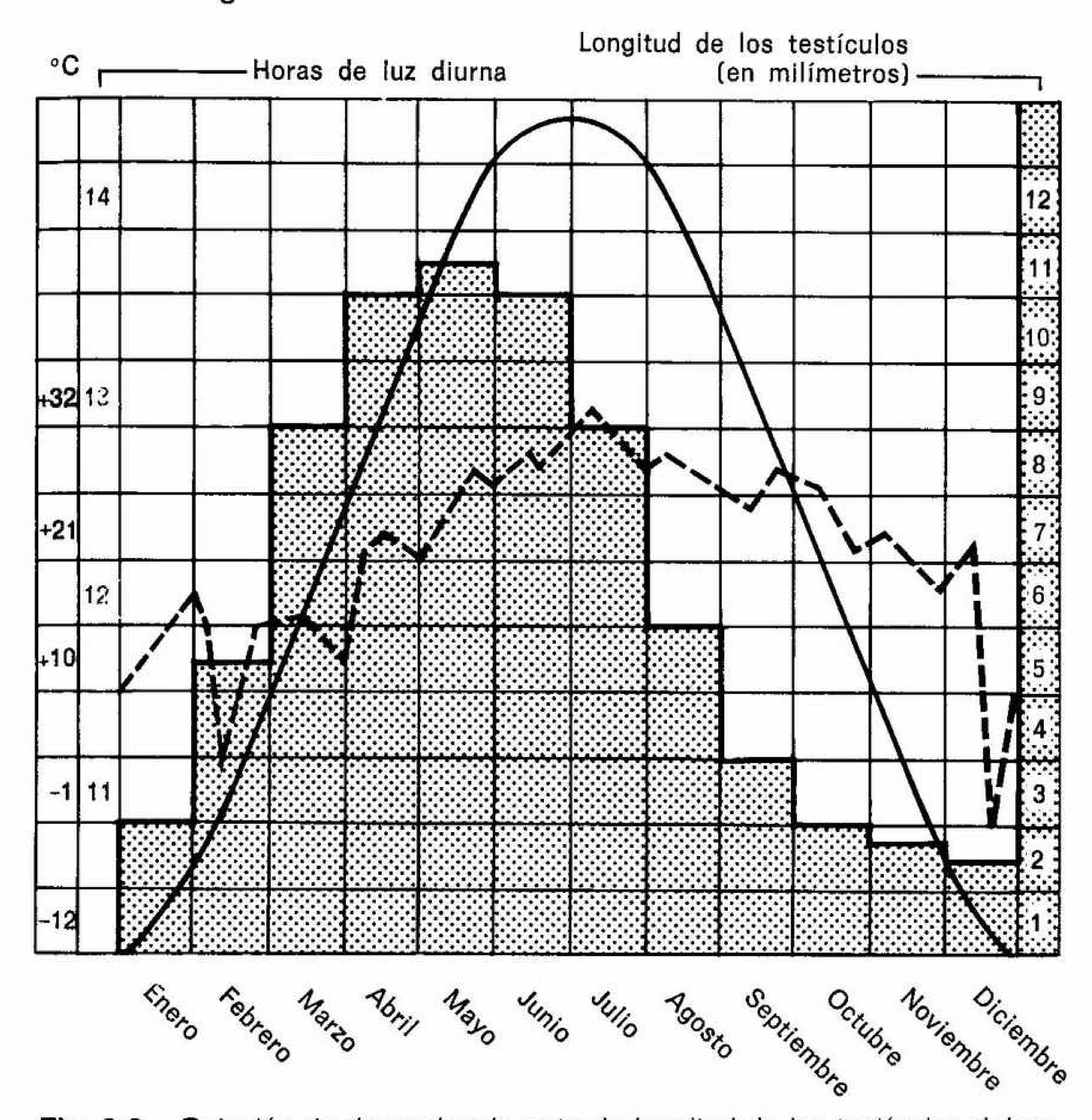


Fig. 6-2. Relación de dependencia entre la longitud de los testículos del gorrión común y la duración de los días.

mienza la maduración del esperma, y esta maduración es tanto más rápida cuanto más tiempo de luz se ofrece al animal. Al llegar, sin embargo, a las dieciséis horas parece haberse alcanzado un cierto límite. Duraciones superiores a las dieciséis horas no siguen acelerando la maduración.

Y si prolongamos estos días tan largos y estas noches tan cortas durante semanas, ello conduce a la inactivación de los testículos y, con ello, a la extinción de la conducta de cortejo. Estos experimentos se pueden hacer también en invierno y provocar así un comportamiento de reproducción en la estación del año menos propicia para ello.

En principio, estos resultados pudieron ser confirmados, con desviaciones mínimas, en veintisiete especies de aves, aunque sólo con animales machos.

Eberhard Gwinner*, que ha estudiado los períodos anuales de las aves canoras, se ha preguntado qué órgano de la ave mide la duración de la luz diurna y cuál es el transmisor de la información conseguida. Lo más lógico sería suponer que el transmisor de la información es el ojo, que, a fin de cuentas, es el órgano sensorial de la vista. Veamos ahora lo que aportó a estas cuestiones la serie de experimentos llevada a cabo por Gwinner.

Gwinner proveyó a un grupo de los animales (pinzones) que utilizaba en su experimento con unas caperuzas especiales, opacas en toda su superficie y que sólo dejaban al descubierto los ojos. A un segundo grupo de control le puso los mismos sombreritos, pero esta vez de un material transparente. También éstos tenían los ojos al descubierto. Después, sometió los dos grupos de animales a una iluminación diaria de dieciséis horas. El resultado fue sorprendente. Los boinas negras no se estimularon sexualmente a pesar de las dieciséis horas de luz. No hubo ningún crecimiento de los testículos y, por consiguiente, tampoco se puso en marcha comportamiento alguno de cortejo. Por el contrario, el grupo de control con las caperuzas transparentes reaccionó a los pocos días con el crecimiento de las glándulas genitales y el inicio del cortejo.

---

* Eberhard Gwinner, zoólogo en el Instituto Max Planck para la fisiología del comportamiento en Erling-Andechs (Oberbayern); ha publicado en el *Journal für Ornithologie* la mayor parte de sus voluminosas investigaciones sobre los períodos anuales de la curruca y el mosquitero.

Los resultados de este experimento demuestran que los ojos de los pinzones no son el transmisor de la información sobre la duración de la luz. Todavía no sabemos en qué parte de la cabeza está situada esta zona sensible a las radiaciones luminosas, este sensor de las aves. Gwinner sospecha que se encuentra en el hipotálamo. Si esta suposición es correcta o no, habrá de ser demostrado con más experimentos.

Pero, ¿qué ocurre con las hembras? En estos experimentos luminosos no muestran ninguna reacción o, si lo hacen, ésta es muy débil y no alcanzan el estado receptivo. Parece, pues, que son otros los factores que estimulan de forma decisiva el comportamiento sexual de las hembras.

SIN PAREJA NO ES POSIBLE

Al alargarse los días en primavera, la cantidad creciente de luz actúa, por medio del cerebro, el hipotálamo y la hipófisis, sobre las glándulas genitales del canario macho y provoca la secreción de hormonas sexuales masculinas. Estas hormonas ponen al macho en celo. Empieza a cantar y a cortejar.

Sin embargo, para poner a la hembra en celo no es suficiente el mero aumento de la luz diurna. La hembra no empieza a construir su nido de hierbas hasta que no se encuentra en compañía de un macho que la corteje. Entonces, también empiezan a madurar los óvulos en sus ovarios. Finalmente, se aparea con el macho. Así pues, los estímulos exteriores que ponen en marcha el proceso interno (hormonal) de la hembra son el aumento progresivo de la duración del día y el ver al macho en actitud de cortejar.

Cuando ya está acabando la hembra de construir el nido, se le caen casi todas las plumas del pecho. Aparece lo que se llama "mancha de incubación". Esta caída de las

plumas, al igual que la conducta de apareamiento, es gobernada por la hormona sexual, el estrógeno, e influida por un estímulo exterior, el nido. Esta pequeña calva, desprovista de plumas y recorrida por numerosos vasos sanguíneos, es muy sensible al material áspero con que está construido el nido. El estímulo táctil "nido áspero" incita a la hembra a revestir y acolchar su obra. Hasta que esto no ha sido llevado a cabo no pone su primer huevo. El contacto entre la mancha de incubación, los huevos y el nido estimula a la hembra a permanecer sobre los huevos y a empollarlos.

Fueron necesarios largos años de complicados experimentos hasta que el biólogo inglés Hinde* pudo presentar los resultados que aquí hemos resumido brevemente. En nuestro esquema sobre los estímulos internos y externos que ejercen su influencia en el comportamiento reproductor del canario sólo hemos representado, para simplificar, el mecanismo rector hasta la cópula. Como se puede ver, son factores internos y externos, fuerzas endógenas y exógenas, las que, en complicada conjunción, sincronizan el comportamiento reproductor y lo sujetan a una severa secuencia de acontecimientos.

El cumplimiento exacto de un horario determinado es especialmente importante para las aves, pues hay un gran número de acciones de machos y hembras que están condicionadas las unas por las otras con toda precisión.

A menudo, los machos llegan semanas antes que las hembras al lugar donde se llevará a cabo la nidada y fundan un territorio cuya función principal será, precisamente, defender esa nidada. En cierta forma, preparan la llegada de las hembras. Cuando éstas aparecen, ellos están ya dispuestos al apareamiento, estimulados por la creciente luz diurna. Mediante el cortejo se ofrecen a sí mismos,

* Robert A. Hinde, es catedrático en la Universidad de Cambridge (Inglaterra).

junto con su territorio a la recién llegada hembra. Es comprensible, en estas circunstancias, que la maduración de las glándulas sexuales masculinas se inicie independientemente de la presencia femenina.

El caso de las hembras es más complicado. La creciente luz diurna también resulta estimulante para los ovarios pero tienen que darse, además, los estímulos del cortejo de un macho para desencadenar, en una primera fase, la conducta de construcción del nido. Y ya que el nido —como cuartel general para la puesta e incubación de los huevos y para criar la nidada— es imprescindible si la reproducción ha de tener éxito, la disposición para la cópula depende también de los estímulos procedentes del nido. Sólo cuando el nido ya está casi terminado es secretado el primer óvulo por el ovario (ovulación). Con ello, el óvulo, listo para ser fecundado, no sólo tiene muchas probabilidades de serlo efectivamente, sino también de ser depuesto veinticuatro horas después en un lugar seguro.

¿CÓMO SABEN CUÁNDO HA TERMINADO LA ÉPOCA DE APAREAMIENTO?

En la mayoría de las especies animales es muy breve la disposición de la hembra al apareamiento. Después de algunos días, en que tienen lugar numerosos coitos, la hembra rechaza los intentos de cópula del macho y se dedica por completo a la incubación de sus descendientes. En las hembras de las aves, el estado receptivo se extingue, por regla general, en el momento en que se asientan sobre los huevos y empiezan a incubarlos. Entonces, entran en la fase de incubación. Este cambio de estado, en el que se desconecta el patrón "estado receptivo" y se conecta, en cambio, el de la "disposición a la incubación", necesita un estímulo desencadenante y una reacción.

Hay muchas especies de aves de las que sabemos que el número de huevos de la puesta es el factor decisivo que

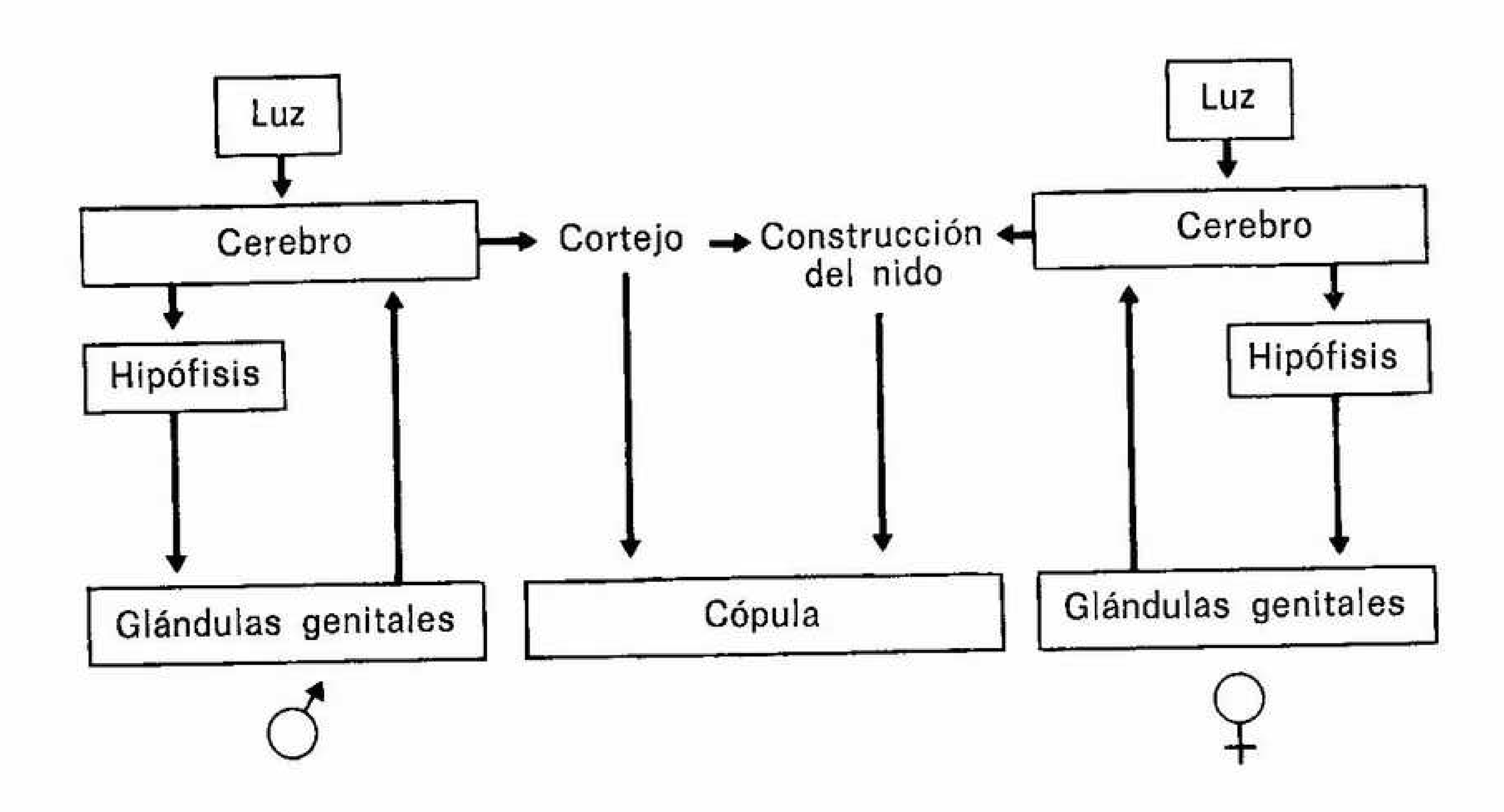


Fig. 6-3. Las fuerzas que controlan y dirigen la conducta de apareamiento en las parejas de canarios (esquema simplificado).

determina cuándo la hembra debe empezar a empollar. Si a estos "ponedores indeterminados" se les sustrae uno o varios huevos de la puesta, la hembra intenta completar de nuevo el número inicial. Sólo a partir de un cierto número de huevos en la puesta es posible la incubación. Nuestras gallinas domésticas se cuentan entre estos "ponedores indeterminados". El avicultor retira diariamente los huevos puestos por las gallinas —que son, cada vez, un nuevo intento de conseguir la puesta— y logra así que sigan poniendo, día tras día, durante meses y años. Este seguir poniendo a lo largo de un período de tiempo prolongado no sólo es propio de las gallinas domésticas. Etólogos americanos estuvieron sustrayendo constantemente de la puesta de un pájaro carpintero hembra un huevo cada vez que el número de huevos en el nido llegaba a tres. Diariamente, la hembra volvía a poner. En setenta y tres días llegó a poner setenta y un huevos. Así pues, el tamaño de la puesta es un estímulo que desencadena la desconexión de la conducta reproductora y la conexión

del comportamiento de incubación. Podemos suponer que también en este caso el camino pasa por el cerebro, la hipófisis, las glándulas genitales y vuelve de nuevo al cerebro.

Otras especies de aves ponen en el nido un número de huevos fijado con toda exactitud y después empiezan a incubar. Estos "ponedores determinados" se instalan sobre los huevos para empollarlos aunque se les quite la mitad de ellos. Esta reacción indica que la desconexión de la disposición al apareamiento y la conexión de la disposición a la incubación son endógenas, son gobernadas desde dentro, y apenas están sometidas a la influencia de estímulos externos.

En un tercer grupo, al que pertenece, por ejemplo, la abubilla, la hembra empieza a empollar tras la puesta del primer huevo. Y como cada día se añade un huevo más al conjunto, el primer huevo de una puesta de seis tiene respecto al último una ventaja en su desarrollo de seis días. Aquí, el final de la puesta parece estar regulado por una especie de reloj interno. Después de seis días de incubación, en los que diariamente la puesta se aumenta con un huevo más, la disposición al apareamiento se convierte, por completo, en disposición a la incubación.

Este tipo de "relojes internos" parecen desempeñar también un papel en la conexión y desconexión de todo el período reproductor. Bien es cierto, sin embargo, que hasta ahora sólo se han conseguido pruebas concluyentes de esto último en algunas pocas especies de aves (pato mandarín, mosquitero y curruca). Estas aves fueron sometidas a un experimento en el que se las mantuvo durante años siempre en las mismas condiciones*, de forma que no pudiesen percibir el cambio de las estaciones del año,

* Los animales sometidos al experimento permanecieron en una jaula iluminada con luz artificial en la que durante todo el año se mantuvo el mismo ritmo día-noche. También se mantuvieron constantes otros factores como, por ejemplo, la temperatura.

y, a pesar de ello, mostraron un comportamiento que periódicamente variaba de forma evidente. En el transcurso de un año, se alternaron épocas en que se observaba en los animales una actividad reproductora, con otras épocas en que, en absoluto, estaban dispuestos al apareamiento. Esto indica que esos animales disponen de un ritmo innato e interno, aunque groseramente fijado, que es independiente de los factores externos. Este ritmo, regido de forma endógena, proporciona una orientación general a lo largo del transcurso del año*, es como una especie de calendario anual dentro del animal.

Si un animal se encuentra en el inicio de una fase de actividad regida de forma endógena, la luz, el calor y otros influjos externos pueden acelerar o frenar la disposición al apareamiento. Esto se puede experimentar de nuevo todos los años. Es frecuente, por ejemplo, que en años con un crudo invierno y una primavera fría el comienzo de la actividad reproductora se retrase varias semanas. Pero si el invierno es suave y la primavera empieza con días cálidos y soleados ya en el mes de marzo (como ocurrió en 1974), entonces las aves empiezan precozmente el cortejo e incuban ya en una época en la que, normalmente, la actividad reproductora aún no habría comenzado.

Pero si el animal, de acuerdo con el calendario, está en fase de descanso** —los testículos y los ovarios han vuelto a tener un tamaño reducido—, entonces el aumento de luz diurna y de calor no ejerce ningún efecto estimulante. Esto nos explica quizás el curioso dato de que los gorriones y los estorninos (fig. 6-2) sean sexualmente inactivos en pleno verano a pesar de los días largos y el gran calor. Un nuevo período de actividad no comienza hasta el otoño, después de un tiempo de reposo en el que muchas aves mudan —o sea, cambian el plumaje— o se encuentran en camino hacia sus cuarteles de invierno. Pero en otoño los testículos y los ovarios empiezan a crecer de nuevo. Sin embargo, como en esta época del año la duración de los días disminuye y también las temperaturas descienden, el crecimiento de las glándulas genitales se ve refrenado. El ave permanece en una silenciosa disposición al apareamiento hasta entrada la primavera. Cuando los días vuelven a ser más largos, se reactivan las glándulas genitales. Entonces, llega finalmente el nuevo período de reproducción. No es raro ver estorninos en pleno cortejo y mirlos cantando en las semanas otoñales especialmente cálidas y soleadas. Las favorables condiciones externas han activado demasiado pronto las glándulas genitales.

Frente a estas aves que incuban en primavera hay muchos otros animales, sobre todo mamíferos, que desarrollan su actividad reproductora a finales de verano, otoño e incluso invierno. Para ellos, el estímulo es el aumento de la oscuridad. Sus glándulas genitales se activan con los días cortos y las noches largas.

* Comparando los resultados con el calendario astronómico, podemos ver que las variaciones rítmicas que aparecen en el experimento (ya se trate de abreviaciones o alargamientos del período) resultan insignificantes.

** *Fase de descanso*: período refractario.

LLUVIA, PRESAS Y CONGÉNERES COMO INDICADORES DEL TIEMPO

Junto a estos animales con un comportamiento reproductor periódico, hay especies animales que dependen de los estímulos externos en mucha mayor medida.

Ya al principio de este capítulo llamábamos la atención sobre la influencia de las lluvias. El pinzón cebra australiano, que procede de las zonas secas en el interior del continente, incuba en los períodos de lluvia e inmediatamente después de ellos. La razón es que sólo en esta época puede encontrar el alimento necesario para sacar adelante a sus crías. Sin embargo, las épocas de lluvia en Australia central hacen gala de una gran irregularidad en sus apariciones, cuando no brillan por su ausencia durante

años; por eso, los pinzones cebra, a causa de su estrecha dependencia de las lluvias, ven su existencia muy seriamente amenazada. Para conjurar este peligro, las crías de los pinzones cebra se desarrollan muy rápidamente y pronto se convierten en adultos, capaces ya de reproducirse. Ya a las diez semanas de su nacimiento, las glándulas genitales de estas crías precoces han alcanzado el tamaño necesario. Dentro de la misma época de lluvias en que han nacido, desarrollan su actividad reproductora, se aparean y crían una nidada. Naturalmente, en el pinzón cebra australiano no existe un período refractario, como es lo habitual en los animales jóvenes de nuestras latitudes.

Otro ejemplo son las rapaces nocturnas. Al estudiar el comportamiento de la lechuza, una de nuestras rapaces nocturnas más bellas, se ha comprobado que su reproducción está en relación estrecha y directa con la oferta de alimento existente. Hay años en que las lechuzas incuban dos y hasta tres veces. La incubación puede prolongarse entonces hasta entrado el otoño. En otros años, no incuban en absoluto. También el tamaño de la puesta está sometido a fuertes variaciones. Oscila entre tres y, en casos extremos, doce huevos. U. Sauter, que ha estudiado intensivamente a la lechuza, ha podido demostrar que la abundancia o escasez de ratones de campo ejerce una influencia decisiva en el proceso de incubación. En los llamados "años cumbre" de los ratones de campo*, es decir, años en que el ratón de campo se multiplica enormemente, se pueden observar en la lechuza y también en otras especies de la misma familia no sólo un número elevado de huevos por puesta, sino también dos o tres puestas por año. En años con escasez de alimentos, o bien se renuncia ocasionalmente a todo intento de sacar adelante una

* Los ratones de campo —y también otros pequeños roedores— están sometidos a períodos en que la multiplicación de la especie aumenta progresivamente. Los ratones de campo llegan cada tres o cuatro años a la cima de uno de estos períodos (años cumbre de los ratones de campo).

descendencia, o bien se lleva a cabo una sola puesta con pocas crías.

Además de la lluvia y el alimento como factores externos, también puede ocurrir, según consta, que el grupo estimule al individuo o, viceversa, el individuo al grupo.

Volvamos de nuevo a aquel faisán tratado con hormonas sexuales masculinas* que empezó a cortejar en mitad del invierno. Sus representaciones de cortejo, al principio en solitario y produciendo un curioso efecto en mitad de la nieve, tuvieron, tras catorce días consecuencias evidentes. Otros faisanes machos de la colonia** se unieron al cortejo. Las hembras también se volvieron activas y adoptaron posturas de apareamiento. A mediados de enero, varios meses antes de lo normal, pusieron los huevos y empezaron a empollarlos.

Este ejemplo nos demuestra que, en animales sociales, el individuo ejerce una gran fuerza de atracción sobre el conjunto. Los demás miembros del grupo se sienten impulsados a imitar su comportamiento***. En este caso, un animal precozmente activo en materia de reproducción puso en movimiento un pequeño alud con su conducta. Estimuló a todo el grupo a la actividad reproductora y desencadenó un cortejo en masa en mitad del invierno.

EL CICLO DE MENSTRUACIÓN DEL CHIMPANCÉ HEMBRA

Si un chimpancé hembra en libertad se pone en celo, prácticamente todos los machos de su manada hacen apa-

* Continuación del experimento descrito en la página 162.

** *Colonia*: todos los animales o plantas de la misma especie que habitan en una región determinada y forman una comunidad de reproducción. Las ranas comunes de una charca son una colonia, e igualmente todos los faisanes de la vega de un río.

*** *Imitación social*: una exposición detallada del tema se puede encontrar en la obra de A. Remane, *Das soziale Leben der Tiere*.

rición con intenciones de aparearse y caen sobre el asustado animal, que no deja de vociferar. Sin ningún tipo de consideración, la hembra es "violada" repetidas veces a lo largo de muchos días. Por regla general, este tipo de apareamiento en masa conduce a la concepción, es decir, a la fecundación de un óvulo maduro. Después de nueve meses escasos de embarazo, la hembra pare una cría a la que conduce y cuida durante más de siete años. Sólo entonces, o sea, después de casi ocho años, vuelve a ponerse en celo por pocos días y es sometida de nuevo a la cópula.

Esta descripción podría producir la impresión de que los chimpancés hembra sólo pueden ponerse en celo tras grandes intervalos de tiempo. Pero si observamos en un zoológico una hembra aislada o en compañía de otras hembras, podremos constatar que el chimpancé tiene, como la mujer, un ciclo de menstruación* de aproximadamente, veintiocho días. Este ciclo se refleja exteriormente en dos fenómenos. Cada cuatro semanas, la llamada parte genital, o sea, los alrededores de los órganos sexuales exteriores, sufre un cambio visible y se hincha llamativamente. En ese período de tiempo los machos alojados en las jaulas vecinas se revuelven inquietos. Toda su atención es para estas "excitantes" hembras. Si se permite a los machos acercarse a ellas, en seguida tiene lugar la cópula. Tan pronto como disminuye la hinchazón alrededor de la vagina, se extingue también el especial atractivo de la hembra en cuestión. La fase de celo se ha acabado, pues; lo que no quiere decir que los chimpancés se apareen sólo en época de celo**.

Las hembras que en este período de disposición al apareamiento no han sido apareadas o, a pesar de haberlo sido, no han quedado fecundadas, tienen, aproximadamente catorce días después, una hemorragia menstrual. Dentro de la matriz se desprenden sangre y jirones de la membrana mucosa, que son secretados por la vagina. Otros catorce días después de esta menstruación empieza la siguiente fase de celo. Si se calcula el ciclo de hemorragia a hemorragia, se puede comprobar que la época en que la hembra está dispuesta al apareamiento y tiene hinchada la parte genital está situada, con bastante exactitud, a mitad de camino entre dos menstruaciones. Mes a mes se repite el proceso: menstruación, celo, menstruación, celo..., así hasta que, finalmente, se produce el apareamiento, la fecundación y el embarazo. Sólo entonces se produce un descanso de siete u ocho años.

Hasta aquí hemos descrito los procesos externos del ciclo, pero ahora, como en los apartados precedentes, nos dedicaremos al mecanismo regulador de estos ciclos. Para ello tendremos que concentrar nuestra atención en dos órganos. Primero, en los ovarios que, como ya sabemos, no sólo es el lugar donde todos los animales hembras producen sus óvulos maduros, sino también el taller donde se fabrica la hormona de los ovarios, el estrógeno. En segundo lugar, es necesario que nos ocupemos del útero. Es el órgano, dentro del organismo de las hembras de los mamíferos, en que tiene lugar todo el desarrollo del embrión*. Para el pequeño chimpancé esto significa casi nueve meses de protección y alimento.

Empecemos con los ovarios. Cada cuatro semanas se hincha en uno de los dos ovarios un folículo, que contiene en su borde exterior un óvulo maduro. Este folículo estalla y expulsa el óvulo, que es recogido por las trompas del oviducto. El óvulo tiene vida sólo por unas pocas horas. Sólo en este corto intervalo de tiempo después de la

---

* *Ciclo de menstruación:* espacio de tiempo que transcurre desde el comienzo de una hemorragia mensual hasta el comienzo de la siguiente.

** La figura 6-4 nos muestra cómo entre los chimpancés también pueden darse apareamientos aislados fuera de la época de celo.

* *Embrión:* organismo que se desarrolla a partir de una sola célula dentro de la envoltura del huevo o en el cuerpo de la madre.

eclosión del folículo es el óvulo susceptible de ser fecundado. El folículo vacío, que permanece en el ovario, produce una sustancia amarilla, el llamado cuerpo amarillo, que, como hemos de ver más tarde, tiene una importante función hormonal. Si el óvulo no es fecundado en las trompas, entonces este cuerpo amarillo se arruga y se contrae en el transcurso de los doce días siguientes y sufre un proceso de total involución. En el ovario no queda más que un pequeño cuerpo a modo de cicatriz. Pero si el óvulo es fecundado, entonces el cuerpo amarillo se hincha enormemente y llega a ocupar durante el embarazo casi un cuarto del volumen del ovario.

Simultáneamente al desarrollo del folículo maduro en el ovario, la pared del útero va produciendo una gruesa mucosa que alcanza su mayor espesor en el tiempo en que se abre el folículo. Si no tiene lugar en la parte superior del oviducto la fecundación del óvulo maduro por el espermatozoide masculino, entonces esta mucosa involuciona también y al cabo de pocas horas se desgarra en jirones, unos más grandes y otros más pequeños, que se desprenden y que mezclados con sangre, son expulsados del útero, donde queda una herida que necesita algunos días para cicatrizar. Inmediatamente después de esta hemorragia, empieza un nuevo ciclo con la construcción de una nueva mucosa en el útero y la maduración de un nuevo folículo en el ovario.

En la figura 6-4 hemos representado, aunque de forma simplificada, los procesos que tienen lugar en el ovario y el útero a lo largo de un ciclo. Podemos ver que la eclosión folicular está situada, con bastante exactitud, a medio camino entre dos hemorragias y que también en este mismo tiempo la formación de la mucosa en el útero ya casi está completada.

Pero, ¿qué es lo que ocurre cuando se produce la fecundación en las trompas?

Inmediatamente después de la fusión de óvulo y espermatozoide, empiezan a producirse las primeras divisio-

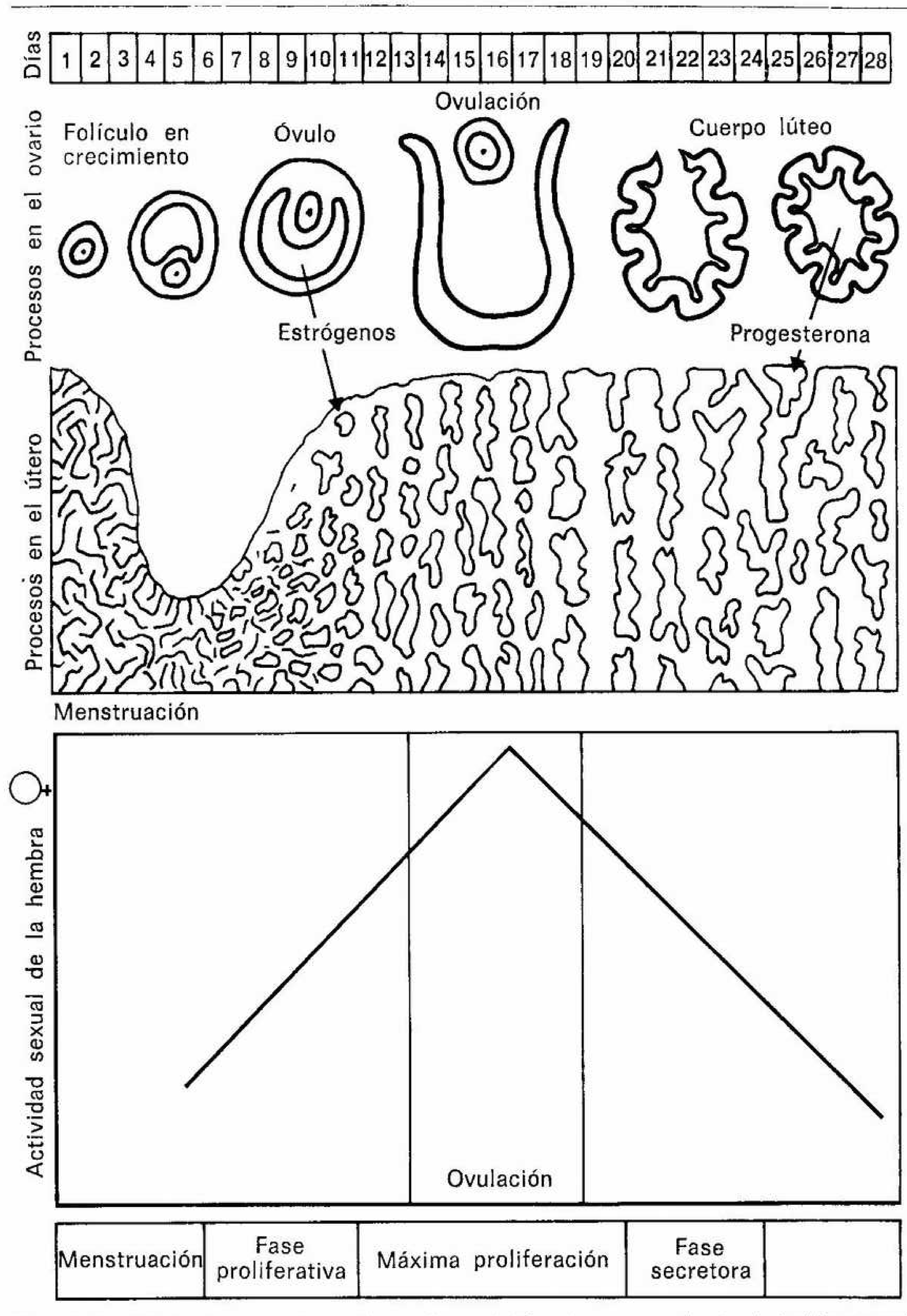


Fig. 6-4. Ciclo de menstruación y disposición al apareamiento del chimpancé hembra.

nes celulares. El embrión se desarrolla. En un período que puede variar entre cuatro y cinco días, el oviducto lo transporta hacia abajo hasta llegar al útero. Cuando llega allí, consta ya de muchas células y se encuentra en el útero con una mucosa bien acondicionada en la que él anida confortablemente. Durante los nueve meses que dura el embarazo, esta mucosa permanece en su sitio y no se desprende. Sólo después del nacimiento es expulsada.

Éstos son, pues, los procesos que tienen lugar durante el ciclo y al comienzo del embarazo. También nos damos cuenta ahora de que la hinchazón en la parte genital está, temporalmente, en estrecha conexión con la eclosión del folículo (fig. 6-4). Así pues, la señal de disposición al apareamiento es tanto más notoria cuanto mayor es también la posibilidad de que el óvulo sea fecundado.

Los ciclos de menstruación y el embarazo del chimpancé hembra son regidos por hormonas. Las hormonas gonadotropas del lóbulo anterior de la hipófisis son las que incitan a los ovarios a hacer madurar mensualmente un folículo con su óvulo. Durante esta maduración se produce, dentro del óvulo, una hormona llamada foliculina. Por su composición química, pertenece a los estrógenos. Sus efectos son varios; produce, por ejemplo, la hinchazón de la parte genital pero, sobre todo, es la causa de que el útero desarrolle una mucosa de cinco milímetros de espesor. Por lo tanto, la foliculina dirige y ordena el crecimiento de la mucosa. Cuando, aproximadamente catorce días después de la última menstruación, tiene lugar la eclosión del folículo, las células situadas al borde del folículo vacío empiezan a convertirse en el cuerpo amarillo. Éste produce una segunda hormona, la progesterona*. Esta hormona del cuerpo amarillo, la progesterona, estimula a la mucosa del útero a prepararse por completo para acoger al óvulo fecundado. Si el óvulo no es fecundado, el cuerpo amarillo degenera y la consecuencia es la expulsión de la mucosa acompañada de una hemorragia. Pero si un óvulo fecundado se ha implantado en el útero, la progesterona —producida por el cuerpo amarillo, que cada vez se va haciendo mayor— se ocupa de que la mucosa se mantenga en su sitio y no tenga lugar ninguna menstruación, en la que, naturalmente, también el óvulo, ya instalado en el útero, sería expulsado con todo lo demás. Al mismo tiempo, la hormona del cuerpo amarillo bloquea la maduración en el ovario de más folículos. La progesterona es, pues, la hormona del embarazo.

El ciclo de menstruación del chimpancé hembra demuestra estar influenciado y regido por la secreción, rítmicamente alternada, de varias hormonas. Por un lado, se trata de hormonas gonadotropas de la hipófisis; por el otro, de la foliculina y la progesterona, producidas en el ovario. Este esquema es válido para todas las especies de mamíferos, aunque los distintos procesos transcurren en períodos de tiempo variables según la especie y las hemorragias mensuales sólo son conocidas en los primates superiores*. Hay, sin embargo, algunas especies, como el conejo doméstico y los gatos, en que la eclosión del folículo está condicionada por el acto sexual y, por lo tanto, no tiene lugar por sí misma. Sólo si la época de ovulación coincide con la cópula entre macho y hembra, se produce la eclosión del folículo. Si esto no ocurre, los óvulos maduros degeneran o, por decirlo de otra forma, involucionan.

Acerca de los machos de todas las especies de mamíferos podemos decir, generalizando, lo siguiente: los machos de las especies animales que tienen una época de

---

* *Progesterona:* la luteinoestimulina, producida en la hipófisis, tiene como efecto la formación en el folículo vacío de una sustancia de color amarillo: el cuerpo amarillo. Este cuerpo amarillo secreta un grupo de hormonas que en conjunto reciben el nombre de gestágenos. El representante más importante de estos gestágenos es la progesterona.

* *Primates:* orden del reino animal perteneciente a la clase de los mamíferos y en el que están clasificados los monos y el hombre.

celo al año y cuyo ciclo reproductor está fijado de acuerdo con las estaciones, ejercen su actividad reproductora sólo una vez al año y durante un breve período de tiempo. Entre los animales que tienen varias o muchas épocas de celo a lo largo del año, lo regular es que los machos estén siempre dispuestos al apareamiento, o sea, que sean sexualmente activos todo el año. Su disposición al apareamiento se ve aumentada por feromonas sexuales u otras señales procedentes de las hembras. En los ungulados y animales predadores, es el llamado control anal* el que indica al macho el grado alcanzado por la hembra en el estado receptivo.

Después de esta ilustrativa panorámica sobre los mecanismos rectores del comportamiento reproductor, ya estamos en condiciones de resumir: los animales, machos y hembras, son dominados en determinadas épocas por una intranquilidad interior que los mueve a ponerse en camino, a buscar una pareja de su misma especie (comportamiento de apetencia), a enfrentarse a los posibles rivales, a solicitar los favores de la pareja (cortejo) y, finalmente, a aparearse con ésta.

La simultaneidad con que estos hechos se producen en los animales de una misma especie, el que se pongan intranquilos a la vez y estén dispuestos al apareamiento al mismo tiempo, es un presupuesto necesario para la reproducción sexual. Primero tienen que encontrarse, en un determinado lugar (lugar de incubación, territorio) y al mismo tiempo, un macho y una hembra de la misma especie con gametos susceptibles de ser fecundados en las glándulas genitales y, entonces, tiene que darse una coordinación espacial y temporal, una sincronización de la pareja. Si no, la reproducción animal se convertiría en un juego de lotería, en un suceso puramente casual.

* El examen olfativo al que era sometida la gacela Thomson hembra fue descrito en el capítulo 4.

Otro punto importante que debe ser tenido en cuenta a la hora de fijar el calendario, es la descendencia. Si las crías han de tener una posibilidad real de sobrevivir, deben venir al mundo cuando se den las condiciones de vida más favorables para ellas, o sea, cuando las temperaturas sean agradables y haya alimento suficiente. Los padres, pues, tienen que encontrarse y aparearse con bastante antelación, según el tiempo que necesiten las crías para desarrollarse en el huevo o en el vientre de la madre. Según esto, la época de apareamiento también depende directamente de la duración necesaria para el desarrollo de las crías. El corzo, el ciervo y el gamo se aparean a finales del verano. Las crías nacen en la primavera siguiente, en una estación en que encuentran condiciones de vida propicias para ellas. Para los animales que habitan en los trópicos todo esto no es tan importante, puesto que allí las condiciones climáticas y alimenticias son favorables prácticamente, durante todo el año. Por eso, su dependencia de las estaciones del año es mucho menos rígida.

La sincronización entre la disposición al apareamiento de machos y hembras se realiza en el mundo animal de distintas maneras.

El comportamiento de los animales que habitan en zonas climáticas templadas, entre ellos, por supuesto, nuestro petirrojo, está sometido a un ritmo anual endógeno. Una especie de reloj interno se ocupa de que los animales de la misma especie estén en celo en la misma época del año. Se vuelven intranquilos y muestran un comportamiento de apetencia. En este proceso, hay factores externos que pueden tener efectos retardantes, como el frío y la escasez de luz, o aceleradores, como el calor y la abundancia de sol. Así, los reguladores del tiempo externo adaptan los animales a las condiciones atmosféricas del momento. La armonización precisa y definitiva de la disposición al apareamiento es alcanzada por los dos miembros de la pareja mediante el cortejo. Aquél de los dos que ya esté dispuesto al apareamiento anima, mediante

un incesante cortejo, al otro, más atrasado en la maduración de las glándulas genitales y, por lo tanto, aún no dispuesto para la cópula. A causa de esta conducta de la pareja, las glándulas genitales maduran más rápidamente y se produce, finalmente, la consonancia entre individuos.

Esta sincronización, con sus diferentes grados sucesivos de precisión, es influenciada, pues, por fuerzas exógenas, pero, al final, son las hormonas de la hipófisis y las glándulas genitales las que la dirigen.

En aquellos animales que viven en climas sin estaciones o lluvias claramente delimitadas y, sobre todo, en los mamíferos, la actividad reproductora puede estar regulada también por ciclos internos, casi independientemente de los factores externos.

Esto es exactamente, lo contrario de lo que ocurre con animales que habitan en regiones donde los distintos indicadores temporales hacen su aparición con la más absoluta irregularidad. Los animales de las zonas secas sin una época periódica de lluvias son estimulados por los factores externos pero, justamente por ello, están también regidos, de forma endógena, por hormonas.

VII. PAREJAS QUE PERMANECEN UNIDAS

Todas las formas humanas de relación conyugal, conocidas a través de las investigaciones antropológicas, se encuentran representadas también en el reino animal. Ya se trate de poligamia o de monogamia, de matrimonios de corta o de larga duración, todas estas formas de convivencia se dan también entre los animales. Y, además, se han desarrollado diferentes formas de relaciones conyugales casi en cada grupo animal, a menudo incluso en especies muy emparentadas. Esto se puede ver de forma especialmente clara en el grupo de las aves. Las aves han explotado como ningún otro grupo animal toda la gama de posibilidades que ofrece la convivencia entre los dos sexos. Todas las modalidades están representadas, desde la soltería del urogallo y del gallo lira, hasta el matrimonio de por vida del gorrión molinero y el bigotudo, desde la monogamia estricta de los ánsares comunes y los cisnes, pasando por los principios polígamos del reyezuelo, hasta llegar al harén* del gallo doméstico y del silvestre. Y como, además, en ningún otro grupo animal ha sido es-

* *Apareamiento en harén:* un macho dominante (bajá) convive en un grupo con muchas hembras al mismo tiempo y tiene relaciones sexuales con las que ya son adultas.

tudiado tan concienzudamente el tema de las relaciones entre los dos sexos, resultará comprensible que en este capítulo nos apoyemos, especialmente en ejemplos del mundo de las aves.

Pero antes de empezar, hemos de hacer una observación más. En las páginas siguientes describiremos y explicaremos las distintas formas de relación sexual valiéndonos de ejemplos aislados. Y también trataremos, con toda precaución, de aclarar por qué el urogallo permanece soltero y por qué los gallos domésticos se asocian en poblaciones a cuya cabeza se encuentra un bajá y en torno a él, un harén. Expresaremos algunas reflexiones sobre el matrimonio local de la cigüeña y sobre el emparejamiento de temporada del petirrojo, e investigaremos la cuestión de qué ventajas e inconvenientes tiene para el gorrión molinero y el bigotudo un matrimonio duradero. La etología, junto con la ecología*, está en los inicios de sus investigaciones sobre las relaciones sexuales en el reino animal. Los primeros resultados demuestran que el comportamiento matrimonial de los animales está determinado, en gran medida, por leyes hereditarias, y que muchas veces responde a la necesidad de adaptarse a distintos espacios vitales. Cuanto hagamos en este capítulo por intentar explicar los distintos fenómenos observados no será, justamente, más que intentos, principios, reflexiones, hipótesis de trabajo, que hay que cimentar o invalidar en los próximos años.

CUANTO MÁS VISTOSO, MENOS APTO PARA EL MATRIMONIO

Desde los animales unicelulares hasta los mamíferos superiores, en todos los grupos animales nos encontramos

* *Ecología*: ciencia de las relaciones recíprocas entre los organismos y su medio ambiente.

ejemplos de celibato. Recordemos el breve y transitorio contacto entre las amebas para intercambiar material del núcleo, o los apareamientos de las lagartas peludas, las luciérnagas y los arginis, o la cópula de la araña de cruz y la mantis religiosa, o las inseminaciones del erizo de mar, el espinoso y los sapos, o los coitos de las gacelas Thomson: en todos estos ejemplos, el macho y la hembra se reúnen para aparearse y después se separan.

Si tenemos en cuenta a los animales machos que mueren tras el apareamiento con la hembra o a las hembras que mueren tras la puesta de los huevos, como es el caso de muchos insectos, y si tenemos igualmente en cuenta que, según esto, la inseminación y la puesta de los huevos son el punto final en la vida de estos machos y hembras respectivamente, entonces estos no-matrimonios —algunos autores los denominan también matrimonios de apareamiento— tienen que parecernos, por fuerza, biológicamente convenientes y adecuados. El apareamiento es, sin lugar a dudas, el objetivo final de la búsqueda de pareja y del cortejo. El cortejo, más o menos típico, más o menos largo, evita los cruces entre especies y sincroniza a los dos miembros de la pareja. No es necesaria, pues, una relación más prolongada antes del apareamiento.

Un caso distinto es el de los animales que se reproducen durante años, cada año de nuevo, y cuyas crías crecen bajo los cuidados del padre o de la madre. El celibato en estas especies exige año a año, una y otra vez, los esfuerzos de buscar una pareja y cortejarla, y no cabe duda de que para la cría de los retoños sería más ventajoso que los padres permaneciesen unidos; en este caso, es más difícil encontrar una explicación para el celibato. Por eso, antes de aventurar ninguna hipótesis, examinaremos de cerca algunos de estos ejemplos.

Llama en seguida la atención el hecho de que en la mayoría de las especies ornitícas, cuyo "matrimonio" sólo se limita al breve intervalo del cortejo y de la cópula, el macho y la hembra se diferencian muchísimo el uno del

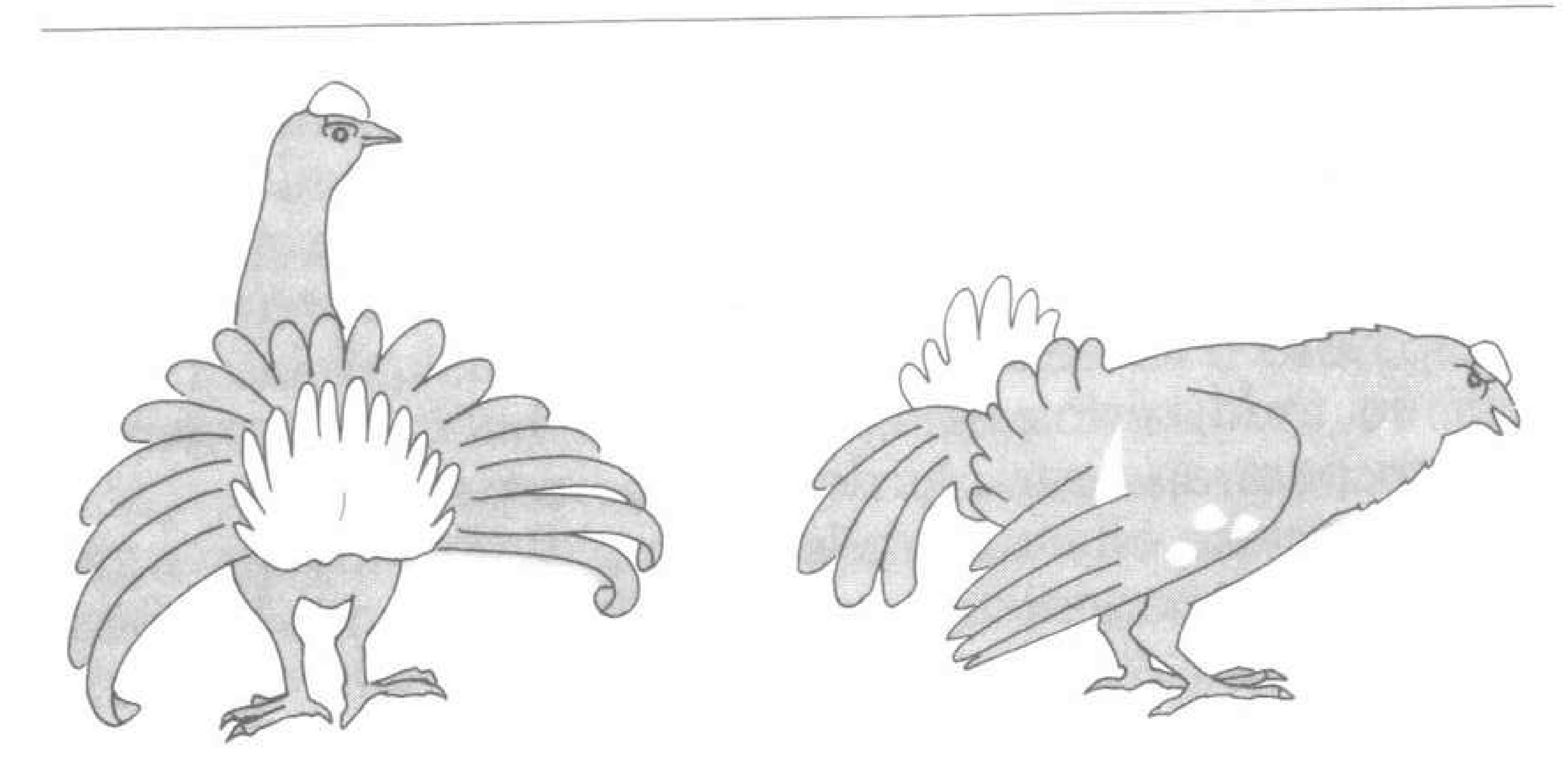


Fig. 7-1. *Izquierda:* Postura del gallo lira al empezar el ceremonial del cortejo. El plumaje de la cola está desplegado en todo su esplendor. Sobre los ojos se hinchan las llamadas carúnculas rojas. *Derecha:* Con el cuello hinchado y la cabeza estirada el gallo lira emite un sonido apagado. En esta postura y con estos amenazadores sonidos sale al encuentro de sus posibles rivales. En las fronteras del coso de cortejo tiene lugar un ritual de lucha, semejante más bien a un juego.

otro en forma y colorido. A menudo, los machos poseen coloreados trajes de gala, plumas de adorno o zonas llamativas en la piel, y en el cortejo se emplean, con frecuencia, actitudes extremas e imponentes. Las hembras, en comparación, son mucho menos vistosas, y no es raro que tengan un plumaje especialmente diseñado para camuflarse.

El urogallo, que se puede ver disecado como adorno en la galería de trofeos de algún que otro cazador, es conocido, al igual que el gallo lira, por su cortejo y su imposición. Las dos especies cortejan en lugares determinados que tienen una gran fuerza de atracción para las hembras en celo. Éstas comparecen ante los machos, que no cesan de pavonearse y de cantar; una vez ante ellos, se dejan cortejar ardientemente y, finalmente se inclinan, dando así lugar al apareamiento. Los machos no se preocupan, en absoluto, de la cría de los polluelos. No existe

relación alguna con la hembra que vaya más allá de la cópula.

El combatiente macho, un ave que pertenece a la familia de las agachadizas, también corteja en un lugar determinado. La mayoría de las veces, estos campos de torneo están situados en una zona verde de hierba baja. Ninguna otra especie ornítica dispone para sus machos de un traje de gala tan variado y tan rico en colorido. Cada macho tiene un aspecto diferente. En primavera, estos machos se reúnen en grupos pequeños y cubren con su individualizado colorido una colina de césped. Ostentosamente, con las gorgueras desplegadas y los penachos de la cerviz erizados, se pavonean unos delante de otros, abren las alas, extienden las plumas de la cola y se atacan recíprocamente. En estas "prácticas deportivas", inofensivas escaramuzas de florete, no se llega prácticamente nunca a herir al rival, pero, no obstante, los machos despliegan una y otra vez todo el fascinante lujo cromático de su plumaje, para que sea bien visible incluso de bastante lejos. Durante todo este juego, el macho se mantiene en un coso, violentamente defendido, de apenas un metro de diámetro.

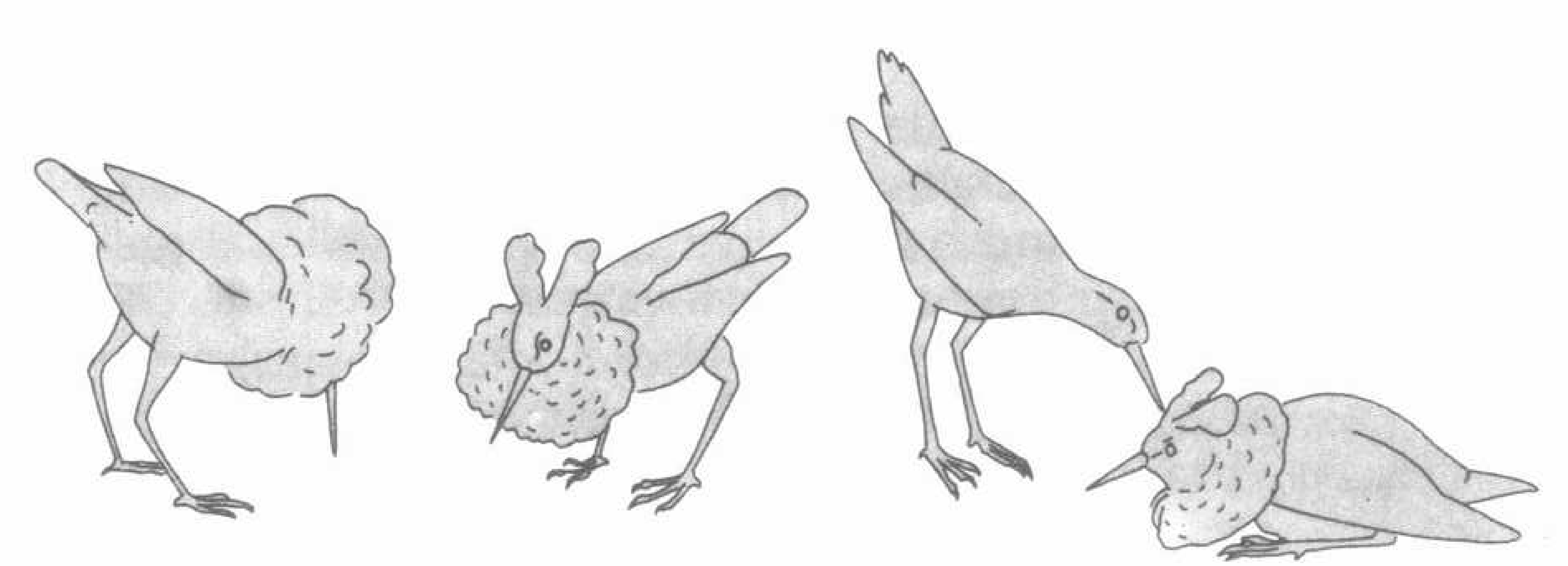


Fig. 7-2. *Izquierda:* Dos combatientes machos enfrentándose en un duelo. *Derecha:* El combatiente hembra (izquierda) ha elegido a un macho y éste se inclina "humildemente" ante ella.

Tan pronto como aparece una hembra, todos los machos ocupan sus respectivas "cortes" y permanecen en el sitio, rígidos y con el plumaje erizado. La hembra se pasea a través del grupo de machos petrificados y, finalmente, pica en la gorguera a su elegido, que antes se ha tenido que inclinar ante ella en actitud de humildad*. Este picotazo en la gorguera es para el macho la señal de que o bien debe seguir a la hembra hasta el nido para aparearse allí con ella, o bien ha de tener lugar la cópula allí mismo, en su territorio, y en ese mismo instante.

Una corta visita al nido, la cópula y, ocasionalmente, un breve alardeo son las únicas y pasajeras relaciones que unen al macho con la hembra y el nido. Inmediatamente después, macho y hembra regresan al lugar de cortejo y el "juego" vuelve a empezar de nuevo. Puede repetirse otra vez con los mismos protagonistas, pero también es posible un cambio de parejas.

Todo lo referente a la nidada, desde la construcción del nido a la cría de los polluelos pasando por la incubación, es, también en el caso del combatiente, asunto exclusivo de la hembra. Los machos no se preocupan ni de las hembras ni de los huevos ni de los polluelos.

Así pues, entre los urogallos, gallos lira y combatientes sólo existe una relación muy breve y con probabilidad, totalmente impersonal entre macho y hembra, no un matrimonio propiamente dicho. Decida cada lector si hemos de denominar este comportamiento celibato, matrimonio de apareamiento o no-matrimonio. En realidad, tan sólo depende de la amplitud o estrechez con que cada cual juzgue el concepto de matrimonio.

Pero, ¿de qué depende el que en todas estas especies orníticas, incapaces de unirse en matrimonio, los machos disfruten de tan vistosos equipos para imponer y amenazar, mientras que las hembras, por el contrario, se deben conformar con sus colores de camuflaje? ¿De qué depende el que en la mayoría de las aves, con una vida matrimonial más estable —como veremos más tarde, haya menos diferencias de color y forma entre macho y hembra y que, en general, los colores estén mucho más encubiertos?

Los trajes de gala son señales con un alto grado de efectividad, pues tienen la ventaja de que ya desde lejos delatan la especie y el sexo de su propietario. Si además de todo esto, resulta que el cortejo se realiza sólo en determinados lugares y es llamativo e imponente, no será nada difícil para las hembras encontrar un congénere macho. Pero, por otra parte, este tipo de carteles de propaganda vivientes, naturalmente, encierran en sí mismos grandes peligros. No sólo sirven para atraer a las hembras y mantener a distancia a los rivales, sino que, por supuesto, también son señales vistas con agrado por los enemigos. Y con esto hemos llegado al núcleo de nuestra pregunta.

Un ave del paraíso que sobre la rama de un árbol realizase sus cabriolas y desplegase el ostentoso lujo de su plumaje representaría, si viviese en matrimonio, un enorme peligro para la hembra, para la puesta y, posteriormente, para los polluelos. Ya sólo por este motivo es más ventajosa para la hembra una convivencia lo más breve posible con el macho. Sin embargo, la mayoría de las veces son las hembras, de colores discretos y poco vistosos, las que llevan a cabo la elección de pareja y, según todas las apariencias, sus favores se dirigen hacia el macho con el colorido más ostentoso, o sea, al más fanfarrón; esto quiere decir que el lujo del colorido y una pose de imposición visible desde lejos se convierten en un factor de selección. Sólo los machos con un aspecto especialmente espectacular que realizan la correspondiente representación del cortejo llegan a aparearse legando, así, estas características a sus hijos. El colorido y la habilidad para el

* *Actitud de humildad:* acción señalizadora para cohibir el ataque que tiene efectos apaciguadores.

cortejo son transmitidos y mejorados, pues, de generación en generación. Pero con el aumento de colorido de los machos también aumenta el peligro para la hembra. Cada vez resulta más peligroso convivir durante un período de tiempo prolongado con uno de estos machos de lujo, cuánto más, asociarse a ellos en un matrimonio de larga duración. Por lo tanto, la vistosidad, la fuerte efectividad señalizadora del macho, excluye casi por completo la posibilidad del matrimonio.

Pero a su vez, el celibato lleva consigo que todo el cuidado de la nidada haya de ser llevado a cabo, unilateralmente, por la hembra. En realidad, este proceso evolutivo debería conducir a un callejón sin salida. Sin dificultad, puede uno imaginarse dónde acabaría. Cuanto más vistosos y extravagantes son los machos al realizar su cortejo en un coto de caza libre, tanto más segura es su muerte temprana.

Este inconveniente, que es evidentemente peligroso para la especie, es compensado por el celibato total. Un único macho, que demuestre ser especialmente atractivo para las hembras, basta para aparearse en pocos días con muchas hembras en celo. Un único macho con su vistoso cortejo en mitad de la colonia es suficiente para asegurar la producción de muchos descendientes. Así pues, las especies animales que viven en meros matrimonios de cópula necesitan un número considerablemente inferior de machos para la conservación de la especie que aquellos animales que practican la monogamia. En una especie monógama, cada hembra exige para sí un macho, y a menudo lo retiene de por vida*. El celibato compensa, pues, las grandes pérdidas que se dan entre los coloreados machos, víctimas de sus depredadores.

* Véanse los apartados "También se preocupan por las viudas" y "Los inseparables" en las páginas 203 y 209.

UN MACHO ENTRE MUCHAS HEMBRAS: EL MATRIMONIO DE HARÉN

Todos los tipos de gallo doméstico que el hombre ha creado durante siglos, los pequeños gallos enanos y los fuertes de carne, las variedades europeas y las razas americanas, todos ellos descienden del gallo silvestre asiático. El gallo Bankiva, que vive en la India en completa libertad, pasa por ser el ancestro de todas las razas de nuestros gallos domésticos. Si se compara el comportamiento de estos gallos Bankiva con el de nuestros gallos domésticos, se descubren sólo unas pocas diferencias fundamentales. De forma que, con algunas limitaciones, podemos decir que nuestros gallos domésticos han conservado su comportamiento originario.

Para poder juzgar correctamente la relación entre el gallo y las gallinas, primero hay que estudiar la estructura social* de un gallinero, aunque esto no sea tan fácil. Cada vez se hace menos frecuente la idílica imagen del gallo cantando sobre el humeante montón de estiércol, rodeado por una corte de gallinas escarbando afanosamente. Muchos granjeros han renunciado por completo a mantener gallinas o han transformado esta actividad en un negocio a gran escala a base de huevos y de ceba de pollos. Esto es lo que significa granja avícola, modernos ponederos y manutención de las gallinas por separado en pequeñas jaulas que dejan al animal justo el espacio suficiente para comer, beber y poner un huevo diario. El cacareante pueblo miriacéfalo de una granja avícola no ve en su vida un gallo. Así pues, en estas fábricas de huevos y pollos difícilmente podremos llevar a cabo nuestras observaciones sobre la "vida conyugal" del gallo doméstico.

* *Estructura social*: organización y construcción de un grupo.

Tendremos que lanzarnos a la búsqueda de una granja "al viejo estilo" en la que aún se amontonen diez o veinte gallinas en torno a uno o dos gallos y en la que la población gallinácea aún disponga de libertad de movimientos y aún se puedan ver por el patio gallinas cluecas paseando en medio de una multitud de pollitos. Sólo allí podremos observar una mínima parte de lo que Erich Baeumer, médico y, al mismo tiempo, uno de los más profundos conocedores del gallo doméstico, nos ha descrito en su libro titulado *Das dumme Huhn* (El gallo tonto).

Los gallos domésticos son seres sociales y viven en grupos a los que podemos dar con propiedad el nombre de tribus. A la cabeza de una tribu está, por regla general, un gallo, que todas las mañanas señala con su estentóreo y repetido canto los límites de su posesión, la cual comprende tanto el territorio como la corte de gallinas. Dentro del gallinero ya se ha desarrollado, con el transcurso del tiempo, una muy complicada jerarquía. Si realizamos el experimento de fabricar una tribu partiendo de cero, con gallos y gallinas de distinto origen —es decir, con animales que antes no se conocían—, entonces, en los primeros días de su nueva vida en común estalla una especie de guerra de resistencia "todos contra todos". Estos enfrentamientos sirven para fijar las relaciones recíprocas entre los miembros del gallinero.

Si dos gallos desconocidos se encuentran por primera vez, van rápidamente el uno al encuentro del otro, se detienen, cantan con palmoteo y batir de alas, y se acercan haciendo zigzags para mostrarse al otro siempre de perfil, en todo su tamaño. Permanecen el uno frente al otro imponiéndose, con la cabeza inclinada hacia el suelo, las plumas del cuello erizadas, las alas ligeramente caídas. La tensión flota en el aire. De repente, uno de los gallos da un salto hacia lo alto e intenta sorprender a su adversario desde arriba con los afilados espolones y con el pico. Entonces salta el otro. Y luego otra vez el primero. Estos saltos son muy fatigosos. Ya después de unos minutos se ve

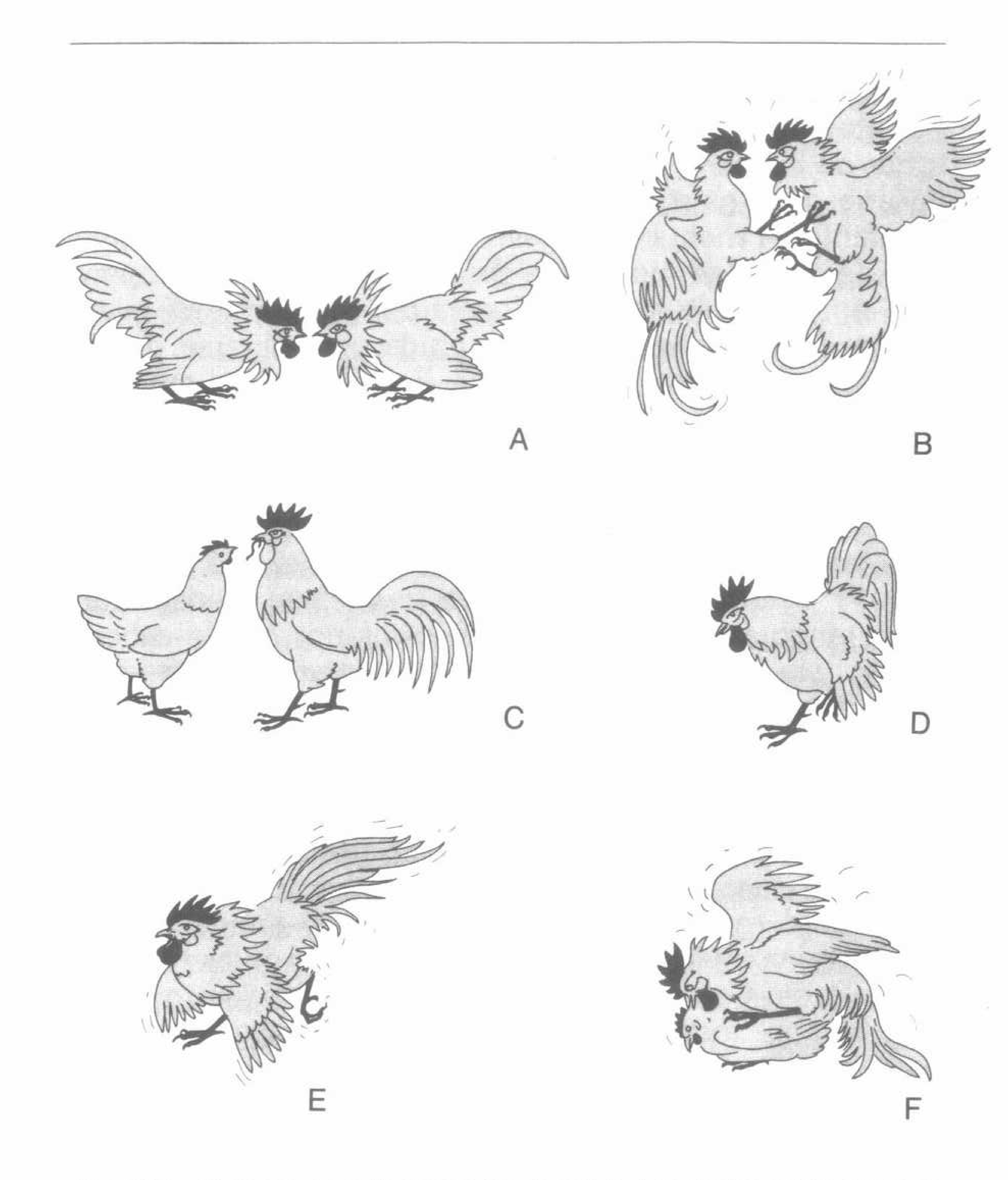


Fig. 7-3. A) Pelea de gallos: posición de salida. Los rivales están el uno enfrente del otro con los picos a la misma altura, "el ojo en el ojo". B) Pelea de gallos: Saltos con las garras estiradas. *Fases del cortejo del gallo doméstico.* C) El gallo atrae a una gallina con un gusano. D) El gallo "tropieza y cae sobre un ala" delante de la gallina. E) En "posición de galanteo", el gallo persigue a una hembra que se resiste al apareamiento. F) La hembra se agacha (invitación al apareamiento) y el gallo la monta (cópula).

que los luchadores están más apagados que al principio, buscan aire y, finalmente, vuelven a pelearse sobre tierra. Se arrancan las plumas del cuello, se desgarran y dan tirones de la cerviz. Luego vuelven los saltos, hasta que por fin uno de ellos se rinde y huye. El vencedor le persigue triunfante. A menudo, el gallo vencido, y no rara vez herido de gravedad, no puede escapar quizá por agotamiento o porque se lo impide la cerca del gallinero. Así pues, tampoco puede servirse de la huida para librarse de los continuos ataques del vencedor. En estos casos esconde la cabeza en una esquina del establo o en el ramaje de un arbusto y se queda allí en completo silencio. El vencedor le da dos o tres picotazos más y luego se da la vuelta, dejando finalmente en paz a su derrotado rival. En lo sucesivo, la jerarquía de estos dos gallos entre sí está clara. Si en los días que siguen a la pelea se vuelven a encontrar, el de rango superior amenaza a su inferior con la cabeza en alto y la gorguera erizada y le da picotazos. Éste se empequeñece ante su superior alisando el plumaje y se da la vuelta o gira la cabeza hacia otro lado.

También las gallinas nuevas, reunidas recientemente, han establecido, después de días de combates singulares, una jerarquía fija que tiene gran importancia, sobre todo en el comedero. Las gallinas más débiles son expulsadas del comedero mediante sonidos breves y entrecortados. Si no se van en seguida, las de rango superior las torturan a picotazos. Como la lucha por establecer la jerarquía se lleva a cabo "todos contra todos", pueden llegar a resultar unas relaciones jerárquicas enormemente complicadas. Pongamos, por ejemplo, que la gallina Berta haya vencido a Cornelia y Cornelia a Doris; esto no quiere decir, ni mucho menos, que se haya ya establecido un orden lineal —que sería, Berta, Cornelia, Doris—, pues es posible que Doris haya vencido, a su vez, a Berta, aunque antes había sido derrotada por Cornelia. Se pueden dar, por lo tanto, relaciones triangulares y, en comunidades más numerosas, estructuras aún más enredadas.

También entre gallo y gallinas se establece la posición dentro de la tribu mediante luchas, pero lo normal es que la mayoría de las veces venza el gallo por su mayor fuerza corporal. Además, parece que el aspecto del gallo, con su gran cresta y sus carúnculas carnosas, infunde un cierto temor a las gallinas.

Si en una tribu con su jerarquía ya fijada se introducen pollos jóvenes en período de crecimiento, entonces, como es natural, los más jóvenes respetan a los adultos. Incluso el gallo que ocupa el peldaño más bajo de la escala social se ocupa desde el principio, de que los jovencitos se sometan a él. Rápido como el rayo, ataca en serie a los pollitos, inseguros en su nuevo ambiente, les da picotazos, les obliga a emprender la huida despavoridos y se pavonea cuando lo hacen. Los jóvenes también disponen de una jerarquía entre ellos, igualmente establecida mediante luchas, en una especie de olimpiada de pollitos, pocas semanas después de haber roto el cascarón; sólo al cabo del tiempo, cuando se hacen mayores y más fuertes, se abre camino hacia arriba luchando sistemáticamente con los viejos por un puesto en el escalafón.

Tan pronto como una gallina de una tribu ha conseguido reunir una puesta en un lugar secreto* y se dispone a empollarla, varían sus relaciones con el resto de la tribu. Ahora exige un territorio propio para su puesta y después también para los pollitos. Durante ese tiempo empalidecen sus relaciones jerárquicas con los miembros de la tribu. Estas gallinas cluecas no reaccionan ni siquiera ante los intentos del gallo por atraerlas. La gallina clueca ejerce una función dominante en medio de su corte de pollitos a los que guía hacia el agua y la comida, calienta cuando hace frío y protege de enemigos. Este típico comportamiento de madre desaparece tan pronto como los pollitos

---

* Las gallinas sólo alcanzan el estado de disposición a incubar cuando la puesta llega a un número determinado de huevos.

se independizan de ella para vivir cada uno su propia vida. Muy poquito a poco la madre regresa a la tribu, se vuelve a asociar al gallo y ocupa su antiguo lugar en la jerarquía de rangos. Entonces es el gallo de la corte el que asume la función protectora, atrae a todas sus hembras hacia la comida y las defiende contra posibles rivales. Wolfgang Wickler*, en su libro *Sind wir Sünder* (Pecadores somos), llama la atención sobre el hecho de que las relaciones sociales entre gallo y gallinas son las mismas que existen entre la clueca y los pollitos. Dice así: «El patrón de comportamiento que se da en el grupo clueca-pollitos se repite con toda exactitud en el grupo gallo-gallinas. La sociedad de los adultos está organizada por el mismo principio que la entidad familiar madre-hijos. Esto es posible porque las gallinas son capaces de cambiar su papel social según sean "cabezas de familia" en un grupo de pollitos o simples miembros numerarios en el harén de un gallo.»

Aunque la estructura social de las tribus gallináceas es tan complicada, las relaciones sexuales están reguladas de forma muy simple y sencilla. El animal alfa**, al gallo de la corte, es el bajá dueño del harén y se aparea con todas las gallinas de su tribu con rango inferior al suyo. En la mayoría de los casos, corteja a la gallina elegida en un breve ceremonial fijado con toda precisión. Ocasionalmente, también pueden tener lugar "violaciones", sobre todo con gallinas que en la escala de rangos se encuentran justo debajo del gallo y se resisten a la cópula. Si una gallina huye de un gallo que le hace la corte, éste la persigue en "actitud de pavo". Al observar durante muchos días los apareamientos entre el gallo y las gallinas, se puede constatar, para sorpresa del observador, que las gallinas más bajas en la escala social son "montadas" con más frecuencia que las de rango superior. ¿De qué depende esto? Los animales de rango inferior se agachan repetidas veces al día ante los de rango superior como muestra de sumisión. Las hembras de alto rango, por el contrario, se pasean bien estiradas y en actitud de imponerse. Este agachamiento ante un miembro de la tribu con rango superior al propio es también la postura con la que las gallinas indican al gallo su disposición al apareamiento. Esto, a su vez, significa que las gallinas de rango inferior demuestran en el corral con mucha más frecuencia su disposición al apareamiento que las gallinas con rango superior, que sólo rara vez se agachan.

* W. Wickler es un colaborador de Konrad Lorenz y trabaja en el Instituto Max Planck para la fisiología del comportamiento en Seewiesen.

** *Animal alfa:* existe una convención por la cual se designa la posición y el rango de un animal en la jerarquía social utilizando las letras del alfabeto griego (alfa, beta, gamma, etc., hasta omega).

Después de la cópula, se extingue inmediatamente la breve relación matrimonial, que tan sólo ha durado unos segundos, entre gallo y gallina. El gallo se dirige de nuevo hacia su tribu, la atrae hacia sí y la mantiene unida, busca lugares donde haya alimento y protege a su grupo contra los enemigos. Él, personalmente, se preocupa por la puesta y la incubación de los huevos y la cría de los pollitos tan poco como sus primos, el urogallo y el gallo lira. Sin embargo, no debemos olvidar que toda clueca con sus pollitos sigue siendo miembro de la tribu aunque viva un poco al margen del grupo. Y el grupo defiende su territorio en común contra el exterior y protege a todos los miembros, por lo tanto, también a la clueca y a sus pollitos, frente a los peligros provenientes de enemigos terrestres o aéreos. Esto quiere decir que la tribu, con su agresivo líder al frente, presenta grandes ventajas para la protección de la descendencia.

Por lo tanto, el eje en torno al cual se organiza el harén no es tanto la relación sexual entre el macho y las hembras como el conjunto de las ataduras sociales existentes a lo largo de todo el año entre el gallo y su pueblo. Puesto que las relaciones entre un solo macho y varias hembras son simultáneas y se extienden a lo largo de un prolongado período de tiempo, hay que considerar el ha-

rén del gallo doméstico —de acuerdo con la definición de los términos que hacíamos al principio de este capítulo— como una poligamia. Y al hacerlo así, resulta irrelevante preguntarse si las relaciones entre el gallo y las gallinas son fruto del instinto sexual o del instinto social.

Además de las gallináceas, hay otros muchos grupos de vertebrados que han desarrollado este tipo de convivencia en harén. En todos estos grupos, ya se trate del cíclido pez cebra, de cocodrilos del Nilo, de gallos, de leones marinos o lobos de mar, de perrillos de las praderas, de cebras o papiones hamadrías en todos ellos, como decimos, existe al frente de la comunidad social un animal fuerte y poderoso, acreditado mediante múltiples enfrentamientos con congéneres y enemigos. La relación entre los distintos miembros del grupo puede ser muy diversa. Entre los gallos, como acabamos de ver, reina un severo orden jerárquico. Los grupos de lobo de mar son indiferenciados. Tan sólo el jefe del clan adopta una clara posición de privilegio sobre las hembras, mientras éstas conviven pacíficamente entre sí sin aspiraciones de rango.

Si investigamos la cuestión de dónde y bajo qué circunstancias han surgido este tipo de harenes en el reino animal y qué tipo de ventajas presentan frente a otras formas de matrimonio, descubriremos ciertas semejanzas y puntos en común. Unas veces se encuentran harenes en regiones áridas que sólo pueden ofrecer alimento a pocos animales. Por eso, las agrupaciones de este tipo que habitan en desiertos y semidesiertos constan tan sólo de un macho y unas pocas hembras. Los pequeños grupos buscadores de alimento, con unas ciertas pretensiones territoriales, se reparten las amplias y áridas superficies bajo la protección respectiva de un líder macho fuerte y agresivo. Asociaciones de grandes dimensiones encontrarían dificultades para procurarse el alimento suficiente. Correrían el peligro de morir de hambre.

En terrenos abiertos —lo cual quiere decir, con muchos enemigos depredadores— pero fecundos, como por ejemplo, la estepa, resulta ventajosa la asociación en grandes grupos. Un grupo numeroso descubre antes los peligros y se protege mejor que los grupos pequeños contra las manadas depredadoras de hienas y leones. Esto mismo es válido para las regiones del océano, ricas en alimento pero también en tiburones. También aquí tiene la mayor importancia el fuerte líder de la agrupación social, en la que retozan hembras y crías que aún no han llegado a ser adultos.

Los necesarios enfrentamientos con los rivales por la posesión del harén llevan hasta la cabeza del grupo al animal más fuerte y agresivo, y constituyen, por lo tanto, un procedimiento de severa selección entre los machos. Por otra parte, el orden jerárquico ya establecido dentro del grupo impide los enfrentamientos constantes entre congéneres y reserva así la agresividad, el impulso de lucha, para defender de enemigos al grupo. La jerarquía, pues, evita que la agresividad impere en cualquier actividad dentro de la especie y canaliza esta energía hacia fuera, hacia los enemigos.

Un grupo que vive en harén puede tener una estructura más complicada y un mayor grado de desarrollo que una pareja estable y monógama. Los harenes con órdenes jerárquicos no sólo exigen de sus componentes que los distintos individuos se conozcan entre sí personalmente, sino también que tengan aspiraciones de rango y la capacidad de subordinarse. Ya fue mencionado arriba el hecho de que pueden ser especialmente ventajosos para la cría y protección de los descendientes.

TAMBIÉN SE PREOCUPAN POR LAS VIUDAS

En las huertas, en los valles plantados de frutales, en los caminos rurales con espesa fronda y en los márgenes de los bosques, vive el gorrión molinero, pariente muy cercano de nuestro gorrión doméstico.

Los machos y las hembras se parecen hasta el punto de no poder distinguir unos de otras. La parte superior de la cabeza y la nuca son de dolor chocolate; las mejillas y los lados del cuello, blancos; la garganta y la mandíbula, así como una raya bajo los ojos y una mancha en la región auditiva, negras. Toda la parte inferior es marrón clara, y el dorso aherrumbrado con rayas oscuras longitudinales. Las alas, marrones, están adornadas por dos estrechas bandas blancas. Sólo al establecer directamente la comparación se puede reconocer más o menos una sutil diferencia entre macho y hembra: en su conjunto, los colores de la hembra tienen una tonalidad algo más apagada. Los gorriones molineros construyen artísticos nidos esféricos con el orificio de entrada situado a un lado. En zarzales espesos todavía se pueden encontrar, ocasionalmente, estos nidos redondeados. Sin embargo, allí donde este pájaro ha seguido al hombre y se ha adaptado a él entrando en su ámbito cultural, donde se ha instalado en los nidos artificiales puestos a su disposición o ha construido su cuartel general en árboles frutales huecos, sólo se encuentran montones informes que hacen las veces de nido. De aquella artística construcción esférica no queda ya nada*.

Los gorriones molineros construyen sus nidos en biotopos especialmente favorables para ello, eventualmente formando colonias. Cuando esto ocurre, puede uno encontrar diez, veinte, o incluso más nidos en relaciones de estrecha vecindad. Esta inclinación a las nidadas sociales indica que esta ave no tiene ningunas pretensiones territoriales. Los congéneres no pertenecientes a la familia son expulsados, tan sólo, de la región inmediata al nido y de éste mismo. A decir verdad, parece, incluso, que los gorriones valoran la vida en sociedad. Durante todo el año,

* Los gorriones pertenecen a la familia de los ploceidos, un grupo de aves que se ha hecho famoso por sus artísticas construcciones y por anidar en colonias.

exceptuando la época de reproducción, vagabundean de un lado para otro en bandadas más o menos grandes, pero rara vez se alejan más de uno o dos kilómetros de su lugar habitual de residencia. Así pues, los gorriones son también muy sedentarios.

Estas bandadas de gorriones se disuelven en abril, pero permanece, no obstante, un cierto contacto entre los congéneres. Por ejemplo, pueden seguir viéndose grupos de individuos que van juntos a buscar alimento o a darse un baño en la arena caliente. En estas colonias de gorriones, el relevo en el nido tiene lugar casi simultáneamente.

En definitiva, parece que para los gorriones molineros emana una gran fuerza de atracción de los congéneres. Esto es especialmente manifiesto en verano y otoño, cuando al caer la tarde, jaleando, invaden árboles y arbustos frondosos para pernoctar allí juntos. Sólo a finales del otoño, cuando los árboles quedan desnudos, expuestos al viento, y apenas ofrecen protección, vuelven a sus construcciones veraniegas y pasan allí la noche al abrigo de sus nidos.

¿Cómo se forma una pareja entre este tipo de animales tan fuertemente integrados en una comunidad social? ¿Cómo son, en general, las relaciones entre machos y hembras?

Gisela Deckert, ornitóloga por vocación, se ha ocupado durante muchos años de estudiar a los gorriones molineros. A ella debemos un excelente y exhaustivo trabajo sobre esta ave titulado *Der Feldsperling (El gorrión)*. También la cuestión de las relaciones conyugales ha sido investigada por ella con gran precisión, tanto con animales en libertad como en cautividad.

Los jóvenes gorriones que vienen al mundo en abril o mayo, la primera nidada del año, llegan a ponerse en celo dentro de ese mismo año. Después de la muda completa en octubre se reúnen los jóvenes machos y las jóvenes hembras en parejas, por más que aún no son sexualmente capaces y por eso no llegan todavía a aparearse. Sin ha-

ber acabado el otoño, la pareja se busca un hueco que les sirva de vivienda, construyen juntos un nido y pasan la noche juntos, pegados el uno al otro, ya sea en una rama en medio de la bandada o ellos dos solos en su propio nido. Durante el día apenas se puede percibir a la pareja como tal pareja, aunque ambos se mantienen siempre dentro de la misma bandada.

Los gorriones jóvenes que proceden de la segunda o tercera nidada del año mudan el plumaje algo más tarde que los quintos de la primera nidada. Es muy raro que estos gorriones, uno o dos meses más jóvenes, lleguen a formar pareja dentro del mismo año en que nacieron. En primavera, a finales de febrero e inicios de marzo, se produce un cambio en el estado de ánimo general. Cada vez es más frecuente que machos aislados se separen de la bandada y busquen un lugar apropiado para la puesta. Con el plumaje hueco y gorjeando estrepitosamente se apostan, tiesos, delante de la oquedad elegida. Si una hembra pasa volando por allí, el gorjeo se hace más ronco y da la impresión de ser a varias voces. Los gritos del excitado macho para atraer a la hembra suenan como el chillido de los polluelos pidiendo alimento. El macho permanece ante su agujero con las alas temblorosas, se inclina, se introduce en el hueco, sale de nuevo, vuelve a mostrar la entrada y persigue a la hembra, que se aleja vacilante. Ostensiblemente, reúne delante de ella material para el nido y vuela con las pajitas al futuro lugar de incubación. Por lo general, las hembras aún no apareadas aceptan esta invitación evidente y empiezan ellas también a aportar material para el nido. Si siguen al macho pretendiente incluso hasta el hueco, se puede decir que la unión ya está casi consolidada. Si al caer la tarde se acercan al macho y pernoctan "codo a codo" con él, el matrimonio es ya un hecho y durará hasta la muerte.

A partir de ese momento, prácticamente todo se realiza en común: la construcción del nido, la incubación de los huevos, el alimento y la educación de las crías. Y a pesar de ello, el macho reafirma sus lazos con la hembra volviendo a cortejarla con el ahuecamiento del plumaje, temblor de alas, reverencias y llamadas imitando a los polluelos. Una y otra vez intercambian un cariñoso "vik", una sonora muestra de cariño que sólo se oye entre matrimonios. También durante las cópulas que tienen lugar en la época de apareamiento, el macho emite este "vik".

Durante el año, es el macho el que lleva las riendas del apareamiento. Pero en la época de incubación cambia el equilibrio de poderes y la hembra adopta una posición claramente dominante. Con un agresivo "cherp" da a conocer su superioridad. Si el macho se acerca a ella con material para el nido, ella se lo arranca violentamente, con las plumas de la coronilla y el dorso erizadas. Esta actitud agresiva se mantiene incluso después de haber roto los polluelos el cascarón. Sin andarse con rodeos, la hembra le quita al macho la comida que aporta al nido y, o bien la devora ella misma, o bien alimenta con ello a sus crías. Sólo después se vuelve a equilibrar la relación, por lo demás pacífica, entre los dos cónyuges. Tras la cría de la última nidada, el macho asume de nuevo la dirección.

Con demasiada frecuencia, los apareamientos de gorriones encuentran un fin repentino y prematuro, pues el número de sus enemigos es grande y el gavilán se abalanza sobre ellos rápido como el rayo. Pero, ¿qué ocurre entonces con las crías? ¿Cómo se comportan el "viudo" o la "viuda" cuando de repente se encuentran solos con cinco o seis polluelos? La biografía del gorrión molinero macho "Anilla Verde" nos contestará a estas preguntas.

En 1956, "Verde" es anillado por Gisela Deckert. En el mismo año, saca adelante tres nidadas. Sobre su compañera no se pueden hacer declaraciones seguras, porque no fue posible anillarla.

En 1957, "Verde" vuelve a anidar en el hueco de un tejado con una hembra sin anillar, quizá la misma del año precedente. Pero cuando desaparece —por causas desconocidas— el macho del nido vecino, a sólo dos metros

de la familia "Verde", "Anilla Verde" ayuda a la viuda en la construcción del nido. Después de la primera nidada, incubada sólo por la legítima esposa de "Verde", éste se aparea con las dos hembras y cría, a la vez, las dos nidadas. Cuando después de esta segunda nidada las dos hembras desaparecen, "Verde" se aparea en ese mismo mes con la viuda "Izquierdo-Negro" y la lleva a su propia casa. Sin embargo, no se produce una nueva nidada, probablemente porque "Izquierdo-Negro" empieza muy pronto a mudar el plumaje. "Verde" permanece junto a su hembra "Izquierdo-Negro" hasta octubre. Pero una noche, "Verde" se encuentra de nuevo solo. Su hembra es echada en falta y ya no se la vuelve a ver. Poco después, "Verde" empieza a solicitar los favores de la hembra "Rojo", enviudada ya cinco veces, y que tiene su residencia a unos cuarenta metros de la de "Verde". Sin embargo, pasa bastante tiempo hasta que "Rojo" decide si ha de seguir a "Verde" o irse con otro pretendiente.

Finalmente, en la primavera de 1958, la decisión favorece a "Verde". La hembra "Rojo" elige un nido abandonado, que se encuentra a mitad de camino entre su antiguo nido y el de "Verde". Allí cría sus nidadas, con éxito, la pareja "Verde-Rojo".

Están juntos hasta febrero de 1959. Entonces, cae "Rojo" víctima de un gavilán. "Verde" vuelve a estar solo.

En marzo de 1959, "Verde" ha conquistado una nueva hembra y cría con ella otras tres nidadas.

Abandonaremos en este punto las "historias matrimoniales" del macho "Verde". Lo dicho ha sido ya suficientemente ilustrativo como para permitirnos —sobre todo teniendo en cuenta que también otros observadores han llegado a resultados parecidos— el siguiente enjuiciamiento: los gorriones molineros son, por lo general, monógamos y sus matrimonios son estables y duraderos. Esto es absolutamente cierto en el caso de las hembras, que «rechazan a todos los demás machos, incluso cuando el propio está enfermo o herido» (G. Deckert).

Con los machos ocurre lo mismo. Son fieles a su pareja, pero no es raro que se hagan cargo de hembras enviudadas. Siempre se trata de vecinas. Estas hembras, que de repente e inesperadamente se encuentran solas con su nido, su puesta o sus polluelos aún incapaces de volar, casi siempre prefieren al vecino ya casado, pero conocido, antes que a los demás machos no casados, pero desconocidos. Así que es perfectamente posible que un macho viva casado con varias hembras, se aparee con ellas, ayude a todas ellas a construir el nido y a criar a los polluelos y acabe casi totalmente agotado.

LOS INSEPARABLES

Allí donde haya juncos altos y abundantes, en pantanos o lagos con anchas franjas de cañaverales en las orillas, allí vive un ave pequeña y colilarga, a la que de forma un tanto equívoca, se ha dado en llamar paro bigotudo, cuando en realidad ni siquiera está emparentada directamente con los páridos.

El macho y la hembra del bigotudo son de color tabaco y se parecen bastante, aunque existen claras diferencias entre los dos sexos. Él tiene la cabeza de un delicado color gris ceniza y ella la tiene leonada. Él tiene a ambos lados de la cabeza dos largos "bigotes" negros colgando de sus mejillas y ella carece de este adorno.

Esta pequeña y bonita ave canora, cuya parentela vive en su totalidad en el este y sudeste de Asia, no es, en absoluto, abundante en Europa, a no ser que uno viaje a Austria y visite las orillas del lago Neusiedler. Allí, en el cinturón de juncos que rodea el lago, el etólogo Otto Koenig* ha observado en gran número a los bigotudos y

---

* Otto Koenig es el director del Instituto de etología comparada de la Academia Austríaca de las Ciencias en Viena. Es colaborador de Konrad Lorenz.

ha investigado su comportamiento matrimonial. Además, completó sus observaciones de las aves en libertad con intensivos estudios de comportamiento llevados a cabo con bigotudos enjaulados.

A finales de abril, en el profundo nido de los bigotudos, en forma de escudilla y situado sobre el suelo pantanoso, cinco polluelos desprovistos de plumaje rompen el cascarón de los huevos, blancos como la nata. Durante trece días antes de este acontecimiento, el macho y la hembra se han estado turnando varias veces al día para incubar. Ahora alimentan incansablemente a sus vástagos con pequeños insectos acuáticos y pulgones.

Al cabo de catorce días, los polluelos ya están totalmente cubiertos de plumas y abandonan el nido. El grupo de hermanos se mantiene estrechamente unido y espera a los adultos, que vuelan de acá para allá llenando con paquetitos llenos de insectos los picos hambrientos. Por la noche, los pequeños se acurrucan unos junto a otros. Tan pronto como los padres empiezan con la segunda nidada, se van relajando, paulatinamente, los lazos entre padres e hijos. Sólo rara vez pasa volando un adulto y entrega a uno de los polluelos mendicantes un insecto o una ración de pulgones. Días después, los cinco jóvenes bigotudos se encuentran solos y teniéndoselas que arreglar por sí mismos. Entonces, buscan la compañía de otros grupos de hermanos y pronto se reúnen todos formando grandes asociaciones juveniles. Vociferando y alborotando, estas "hordas de gamberros" atraviesan los juncales en busca de alimento. Por la noche, cuando la bandada se retira a descansar, los hermanos se vuelven a acurrucar juntos. Sin embargo, apenas se despiertan por la mañana, se acaba la paz en el lago. Comienza un tremendo griterío a cargo de muchos cientos de gargantas: llamadas, punteos, picoteos y discusiones.

Muy pronto se echa de ver, con toda claridad, que los jóvenes machos, reconocibles por sus picos de color amarillo anaranjado, se han fijado en las jóvenes hembras, de

pico gris. Unos días después, las burlas y las bromas de algunos machos aislados se dirigen exclusivamente a determinadas hembras. Finalmente, se puede observar que se han formado algunas parejas. Siempre se pelean los mismos machos con las mismas hembras. Pero pronto las hembras cortejadas se vuelven más tranquilas y soportan casi con resignación los empujones y picotazos. Por la noche, cuando llega la paz a la bandada, ya no se agrupan los hermanos sino las jóvenes parejitas. Muy juntos permanecen el uno con el otro. Con cariño, el macho extiende sus alas sobre la hembra para darle calor.

Durante meses, las parejas revolotean en busca de alimento, van a beber y a bañarse siempre juntos y se alisan recíprocamente el plumaje de la cabeza. Siempre se les ve juntos y todo lo hacen en común. Si alguna vez se pierden de vista por un momento —lo que ocurre fácilmente en estas selvas de juncos—, en seguida se deja oír una inquieta llamada buscando al compañero. La hembra emite un fuerte "shrr". El macho contesta inmediatamente con una especie de contraseña*. Siempre es su macho el que contesta. Otros bigotudos machos no reaccionan ante la llamada de una hembra ajena. Los bigotudos se reconocen, pues, individualmente, por la voz.

Después de un largo "noviazgo" que se extiende a lo largo del verano, otoño e invierno y en el que no se da ninguna cópula —los animales aún no son sexualmente capaces—, empieza en primavera el cortejo propiamente dicho. Comienza cuando el macho se pone a buscar un sitio para el nido. Cuando ha encontrado el lugar idóneo se lo muestra a la hembra cantando y cabeceando agitadamente. Intenta atraer a su pareja al lugar del futuro nido gritando "di" una y otra vez. Cuanto más se acerca la

---

* En terrenos con escasa visibilidad o durante la noche los congéneres se mantienen en contacto mediante determinados sonidos o series de sonidos. También las aves migratorias que parten por la noche mantienen el contacto entre los miembros del grupo mediante contraseñas.

hembra, tanta más excitación se percibe en las señales para atraerla. Pavoneándose, el macho muestra su plumaje, sobre todo las plumas negras situadas bajo la cola y sus oscuros bigotes. Si la hembra no reacciona, o lo hace sin gran entusiasmo ante el cortejo y el "magnífico" lugar elegido para la puesta, el macho grita "chie" y golpea la parte trasera de la cabeza de la hembra. Y entonces, de forma totalmente inesperada, desaparecen de allí y empieza una salvaje carrera de persecución entre los juncos, carrera que es una parte constituyente esencial del cortejo del bigotudo. Finalmente la hembra se agacha y adopta la postura de apareamiento. El macho salta sobre su espalda y lleva a buen término la cópula.

Diez días después de la primera cópula ya está el primer huevo en el nido. Cuando se ha puesto el último, se extingue el estado receptivo de la hembra y ésta empieza a incubar.

Juntos empollan los huevos, alimentan a los polluelos y, tras haberlos alimentado unos días ya fuera del nido, se separan de ellos. Y, de nuevo, tiene lugar el mismo proceso antes de la segunda puesta: búsqueda de un lugar apropiado para el nido, cortejo con carrera persecutoria, etcétera; la cadena de acontecimientos se cierra otra vez.

Si uno de los dos miembros de la pareja muere, el otro camina errrante durante días por los cañaverales sin cesar de llamar a su desaparecido compañero. A esta búsqueda sin descanso sucede una fase silenciosa, de casi total inactividad. El solitario animal permanece "apesadumbrado" entre los juncos. A menudo, pasan meses —lo cual es un período de tiempo considerable en la breve vida del bigotudo*— hasta que se sobrepone a la pérdida de su pareja y se aparea de nuevo. Siempre se elije como sustituto a otro individuo de la misma edad. Nunca se dan entre los bigotudos apareamientos entre jóvenes y viejos.

---

* La esperanza de vida media de un bigotudo es de uno a dos años.

Aparte del gorrión molinero y del bigotudo, también hay otras aves que son monógamas y cuyos apareamientos duran de por vida: el gorrión común, el camachuelo, el cuervo, la grajilla, los loros grises, los cisnes y los ánsares y también animales pertenecientes a otras especies animales como los peces cebra, los castores, los chacales, las ballenas y los gibones. De esta pequeña selección de animales monógamos hemos escogido dos aves que demuestran muy claramente que la búsqueda de pareja y el cortejo, con toda seguridad, no están orientados, entre los animales, hacia el apareamiento como objetivo final. Los gorriones molineros y los bigotudos forman parejas mucho antes de haberse despertado sus instintos sexuales. También en el período refractario, esa época de descanso en la que las glándulas genitales están totalmente inactivas, permanecen unidas estas parejas. Y siguen permaneciendo unidas aunque uno de sus componentes se ponga enfermo y esté inactivo en época de apareamiento e incluso cuando durante todo el año —quizá por motivos de edad— ya no se da ninguna cópula. Sigue existiendo una relación entre el animal ya cargado de años y su pareja.

Con toda seguridad, para los animales que disfrutan de capacidad reproductora durante varios años resulta ventajoso permanecer atados a una pareja que, en su época, fue elegida y cortejada. Aunque sólo sea por la mera repartición del trabajo durante la incubación y la cría de los polluelos, tiene que resultar ventajosa la asociación de dos animales bien compenetrados. Para construir el nido, empollar y alimentar a las crías, siempre es válida la regla de que dos animales pueden hacer más y hacerlo más rápido que uno solo. Incluso cuando uno de los cónyuges demuestra ser inútil, como por ejemplo el zorzal macho, para colaborar en la construcción del nido, siempre puede prestar sus servicios como centinela: mientras la hembra construye, el macho vigila los trabajos de construcción y avisa a su compañera si se acercan enemigos. Más relevante parece, sin embargo, la observación de que

el cuidado de la nidada, aunque dirigido por el instinto, debe ser ejercitado en cierta medida. Observando a los herrerillos, que también son monógamos, se constata repetidamente que los matrimonios siempre tienen problemas con la primera nidada que crían en común. De una vez para otra, de año en año, aumenta la pericia de la misma pareja en criar la nidada. Si una pareja permanece unida varios años, existe una cierta garantía de que todo saldrá bien en lo referente a la localización del nido, la incubación y la cría de los polluelos. Cada nuevo cónyuge trae consigo un cierto riesgo. Estos resultados se ven confirmados por otras especies orníticas. Los matrimonios más antiguos empiezan antes con la puesta y ponen más huevos; por lo tanto, crían, ya desde el principio, más polluelos.

Sin embargo, esta monogamia estricta puede ser también biológicamente desventajosa para los animales cuando, por ejemplo, un individuo joven y sano se ve imposibilitado para reproducirse por hallarse unido a un cónyuge enfermo o demasiado viejo.

Pero, ¿qué es lo que une a estos animales monógamos hasta el final de su vida? ¿Es sólo el instinto sexual? En contra de esta suposición están nuestras observaciones sobre los bigotudos y los gorriones molineros y también otras investigaciones sobre camachuelos, ánsares comunes, gibones y otros animales que viven en parejas estables.

Wolfgang Wickler y Ursula Seibt* han realizado descubrimientos muy ilustrativos en un grupo animal en el que uno no pensaría que hubiese siquiera relaciones matrimoniales. Estos dos etólogos constataron relaciones personales entre machos y hembras de unos pequeños crustáceos decápodos pertenecientes a la familia de las gambas.

* Wolfgang Wickler y Ursula Seibt, científicos del Instituto Max Planck para fisiología del comportamiento en Seewiesen, han publicado sus investigaciones sobre la gamba *Hymenocera picta* en la *Zeitschrift für Tierpsychologie* n.º 31 (1972).

Si a una gamba macho de la especie *Hymenocera picta* le quitamos su hembra, inmediatamente se lanza a su búsqueda lleno de intranquilidad. Muy rápidamente y sin vacilar marcha hacia su compañera cuando la ha descubierto en medio de muchas otras hembras extrañas, se sienta junto a ella y acaricia con sus largas antenas las de ella. Es evidente que el macho conoce a su hembra personalmente. Sin embargo, en época de reproducción, el macho se aparea con cualquier otra hembra en celo que se encuentre a su alcance y, naturalmente, también con la propia. La diferencia de comportamiento frente a una y otra sólo se ve claramente tras el apareamiento. Después de la cópula con una hembra extraña, la abandona y se vuelve a sentar junto a la propia; sin embargo, cuando se aparea con ésta, permanece, después de la cópula, junto a ella.

Según esto, también entre estos pequeños animales, que en comparación con aves y mamíferos están clasificados en un peldaño inferior, existe una relación personal que poco o nada tiene que ver con el instinto sexual.

Wolfgang Wickler y Ursula Seibt se preguntaron, en su informe sobre este pequeño cangrejo, qué función puede tener para los dos cangrejitos el hecho de estar sentados el uno al lado del otro. Llegaron a los siguientes resultados: el sentarse por parejas no pertenece al conjunto de comportamientos relacionados con la ingestión de alimentos, pues también los animales ya completamente saciados se sientan juntos. Tampoco tiene que ver con los hábitos del cuidado del cuerpo, pues los cangrejos sólo se cuidan a sí mismos. No tiene utilidad ninguna ni para la lucha ni para la huida. Tampoco está en relación con el cuidado de la futura descendencia, pues macho y hembra se sientan juntos aunque no tengan huevos. Por último, no se puede situar en el contexto del comportamiento reproductor y ello se desprende, claramente, de las descripciones hechas sobre las condiciones en que tiene lugar la cópula.

Si partimos pues del hecho de que con esto quedan excluidos los campos funcionales conocidos y reconocidos hasta ahora del comportamiento social —es decir, comportamiento de lucha y huida, comportamiento sexual y de cría—, entonces nos encontramos ante la pregunta: ¿Qué impulsa al macho a buscar a su hembra? ¿Acaso existe junto a los "instintos sociales" conocidos otro que no conocemos todavía? Wolfgang Wickler y Ursula Seibt llegan a los mismos resultados que la etóloga Helga Fischer, que ha investigado intensivamente el comportamiento matrimonial de los ánsares comunes, a saber: junto a todos los demás "instintos sociales" tiene que haber, además, una especie de instinto de relación, una "predisposición para la simpatía y la dualidad". ¿Es quizás este instinto de relación el principio y el fundamento sobre el que se basa, sustancialmente, el comportamiento social de las especies animales monógamas*?

EL APEGO AL NIDO Y AL TERRITORIO: EL MATRIMONIO LOCAL

La cigüeña blanca pertenece a las especies orníticas más concienzudamente investigadas de la tierra. Es difícil saber qué es lo que ha impulsado a los ornitólogos a estudiar tan intensivamente esta ave. Quizá haya sido el tamaño y la vistosidad de esta zancuda o quizá su costumbre de establecerse en las cercanías del ser humano. Tal vez hayan sido los muchos cuentos, fábulas y leyendas alrededor de la cigüeña, en los que ésta representaba un importante papel como talismán y embajadora de la primavera. Pero quizá fue, sólo, un hecho más o menos

* Vitus B. Dröscher (nacido en 1925), uno de los escritores alemanes más conocidos en el campo de la zoología, ha estudiado minuciosamente el tema del instinto de relación en su obra *Sie töten und sie lieben sich*.

casual que se empezase a estudiar precisamente en este significativo animal la emigración de las aves, ese curioso fenómeno por el cual en mitad del verano, cuando todavía hay alimento en abundancia, toda una serie de especies orníticas se pone en camino para volar a sus cuarteles de invierno, a menudo a muchos miles de kilómetros de distancia. En cualquier caso, en 1900 se empezó a anillar cigüeñas sistemáticamente, y esto ha continuado hasta hoy. En Centroeuropa todas las cigüeñas que puedan ser cogidas son anilladas y así son mantenidas bajo control en la medida en que ello es posible. Este control es bastante fácil porque los grandes anillos de aluminio de las estaciones ornitológicas, con sus llamativos soportes rojos, se pueden leer desde lejos con unos buenos prismáticos. Como la mayoría de las cigüeñas son anilladas cuando aún se encuentran en el nido, no sólo se conoce el lugar de su nacimiento, sino también la fecha, y ambos datos son registrados en listas. Si un observador se encuentra con una cigüeña anillada, no tiene más que leer el número de la anilla y preguntar a la estación ornitológica para saber de dónde proviene esta ave, cuándo nació y quién la anilló. Además, en las estaciones ornitológicas se procesan anualmente todos los datos obtenidos sobre las cigüeñas alemanas, de forma que se puede reconstruir la biografía de una determinada cigüeña con bastante exactitud.

En un pueblecito del sur de Alemania anidan desde hace muchos años tres o cuatro parejas de cigüeñas en las cumbreras y chimeneas de las casas. Todos los años, a finales de marzo, los habitantes del pueblo esperan con impaciencia la llegada de "sus" cigüeñas, pues este regreso, tras dos meses de vuelo desde África, trae consigo, cada año, un espectáculo que nadie quiere perderse.

El 29 de marzo corre la noticia por el pueblo: "Las cigüeñas ya han regresado." Son dos. Dibujan amplios círculos sobre el pueblo, cada vez vuelan más bajo y finalmente aterrizan sobre dos viejos nidos. En el nido del gra-

nero se ha establecido una cigüeña anillada, una cigüeña que ya el año anterior había anidado allí. Es un macho de seis años. Sobre la torre de la iglesia también ha aterrizado un macho anillado. Éste es el primer año que está aquí.

Sin embargo, volvamos a fijar nuestra atención en la cigüeña del granero. Durante un cuarto de hora permanece tiesa en el viejo montón de leña seca, castañetea, y revuelve con el pico las ramas del nido. Entonces levanta de nuevo el vuelo, vuelve a trazar círculos sobre las casas y se marcha hacia las praderas húmedas y ricas en alimento que se encuentran junto a la laguna del pueblo. A los diez minutos ya está de vuelta. Vuelve a planear sobre el granero y se eleva hacia el nido de la torre de la iglesia. Allí está el otro. Éste estira la cabeza hacia delante, castañetea sin interrupción y se da también la vuelta cuando el primero gira alrededor de la punta de la torre. Sólo cuando éste se deja caer de nuevo y se posa sobre el nido del granero, se vuelve a tranquilizar la cigüeña del campanario de la iglesia.

Al caer la tarde, la cigüeña del granero ya está de nuevo en camino. Brevemente, inspecciona también los nidos situados sobre la chimenea del hotel y en el remate de la antigua fábrica de azúcar. Intenta aterrizar junto al otro macho en la torre de la iglesia. Inmediatamente es atacado y agasajado con violentos picotazos.

Al día siguiente hay otras tres cigüeñas en el cielo. Se acercan planeando sobre los nidos ya ocupados y, tras algunas aproximaciones vacilantes, intentan aterrizar. Pronto están ya ocupados los dos nidos aún vacíos, cada uno por uno de estos emigrantes tardíos. En el nido del granero se desencadena una violenta lucha. Uno de los extranjeros ha aterrizado, se ha posado junto al propietario del nido y le ha atacado en seguida. Los dos luchadores se atacan agresivamente con sus afilados picos, se agarran del plumaje, se tiran con fuerza, se empujan hacia delante y hacia atrás. Cada uno de ellos intenta echar al otro fuera del borde del nido. Al caer la noche, después de una hora de lucha, aún no está decidido el combate de las cigüeñas. El extranjero sangra. En el cuello, su plumaje se ha teñido de rojo. Desde hace tiempo la violenta contienda ha degenerado en empujones apagados y débiles ataques. Cuando la oscuridad impide la observación, las dos cigüeñas continúan en su dura pelea pecho a pecho. Hasta abajo sólo llega el sonido producido al entrechocarse los dos picos córneos.

A la mañana siguiente hay una cigüeña sobre cada uno de los cuatro nidos del pueblo. Los habitantes de éste pueden ver ahora que en el granero debe haber vencido la cigüeña anillada. Con una pata encogida y el plumaje encostrado de sangre está allí arriba sin moverse. Su rival ha desaparecido durante la noche.

Tres días después se produce un escandaloso castañeteo sobre los cuatro nidos. En el cielo vuelan siete cigüeñas en círculos, círculos que se hacen cada vez más estrechos hasta que, finalmente, se acercan a los nidos. Y, de nuevo, es el nido del tejado del granero el que recibe la primera visita. Sin embargo, esta vez la actitud del macho hacia el forastero es distinta. No se produce ningún ataque, tan sólo un salvaje castañeteo. Echa su pico muy hacia atrás, casi hasta ponerlo sobre el dorso. Y el forastero contesta y castañetea también, algo cohibido y con las alas caídas. En la pata derecha lleva una anilla. Más tarde, podemos incluso leer el número. Según el número de la anilla se trata de una hembra de siete años que vino al mundo en el pueblo vecino. La pareja continúa aún el uno frente a la otra castañeteando. El macho se pavonea lentamente alrededor de la hembra. Los dos señalan una y otra vez, casi al mismo tiempo, el suelo del nido con los picos y se acarician recíprocamente hasta que, por fin, apenas un cuarto de hora después de la llegada de la hembra, el macho salta sobre su dorso y se aparea con ella. Parece haberse formado una pareja.

Sobre los otros nidos, también han aterrizado otras

hembras y, después del castañeteo introductorio, se han apareado con el macho. Las otras tres hembras, probablemente sin aparear, se han ido primero a la laguna, donde pasaron media hora buscando alimento, y luego han seguido su camino volando.

Por la tarde, ya casi de noche, se acerca al pueblo una cigüeña aislada. En seguida se puede percibir gran agitación en los nidos. Las parejas pisotean intranquilas las ramas secas del nido y castañetean excitadamente. De nuevo resulta ser el nido del granero el objetivo de vuelo. Parece poseer la mayor fuerza de atracción. Pero, ¿cómo se comporta la pareja allí instalada? Al primer ataque del forastero, el macho se traslada a la chimenea del tejado vecino. Aparentemente, deja a su propia hembra la tarea de rechazar al extranjero, como si con él no fuera la cosa. Ni por un segundo piensa en entablar la feroz y encarnizada lucha que ya conocemos, ni siquiera cuando diez minutos después, su hembra, empujada fuera del borde del nido, se precipita sobre el tejado, apenas puede sostenerse a tiempo y luego se aleja volando. El macho está inmóvil sobre la chimenea y el forastero castañetea escandalosamente en medio del nido. Pero entonces sobreviene un segundo ataque. La hembra desalojada ha vuelto e intenta reconquistar el nido. Sin embargo, después de media hora, debe rendirse definitivamente. Se marcha de allí herida de gravedad.

Pocos minutos más tarde, el macho está de vuelta en el nido, saluda al recién llegado e inmediatamente se aparea con él. Ahora es cuando nos damos cuenta de que hemos sido testigos de un duelo entre hembras, que ha tenido lugar un cambio de pareja y que el macho se ha apareado sin vacilar con su nueva hembra. En esa misma noche tienen lugar tres cópulas.

Los días siguientes están dedicados a los trabajos de acondicionamiento. Alternativamente, vuelan macho y hembra con ramas y paja en los picos. El nido siempre permanece ocupado por una cigüeña. Aún tienen que luchar una vez más cada uno de ellos cuando dos cigüeñas, seguramente una pareja, intentan conquistar el nido. Esta vez, se defienden entre los dos de los intrusos y resultan vencedores.

A mediados de abril, la hembra pone el primer huevo en el nido, forrado de estiércol, paja y musgo. A este huevo siguen un segundo y un tercero a intervalos de cuarenta y ocho horas. Las dos cigüeñas incuban durante treinta y dos días la puesta. Las dos alimentan durante más de dos meses a sus crías. A finales de julio, las jóvenes cigüeñas, de gran tamaño para su edad, son ya capaces de volar y abandonan el nido por primera vez. Con algunas vacilaciones planean hacia la pradera y allí son alimentadas por sus padres con insectos, ranas, lagartijas, luciones y caracoles. A principios de agosto son ya independientes. Sólo vuelven al nido para hacer cortas visitas. A mediados de ese mismo mes, las jóvenes cigüeñas abandonan su patria natal y se ponen en camino hacia África. Unos días más tarde les siguen las cigüeñas más viejas.

Al año siguiente, el macho anillado del tejado del granero vuelve a su viejo nido. Se aparea con una hembra anillada de cinco años que no ha nacido en el pueblo ni tampoco ha criado nunca allí*.

Hay muchos informes de este tipo sobre los apareamientos de las cigüeñas, sobre las largas, y a veces mortales, luchas por el nido y sobre los cambios de pareja. De todos estos informes se puede deducir que para la cigüeña, tanto macho como hembra, no es el compañero lo más importante sino más bien el nido. Todas las peleas son por el nido. Por la pareja no se lucha, o al menos no de forma reconocible. Según esto, podríamos pensar que las cigüeñas no tienen relaciones personales entre sí. Pero, ¿es correcta esta opinión, expresada a menudo?

---

* Por regla general, las cigüeñas alcanzan la madurez sexual en el cuarto o quinto año de vida.

Para poder desarrollar relaciones personales hacia la pareja es necesario conocerla personalmente. Las cigüeñas se conocen personalmente con toda seguridad. Una cigüeña hembra que esté empollando demuestra con sus reacciones que reconoce a su macho incluso a grandes distancias y que puede diferenciarlo de otros congéneres. También el macho puede reconocer a su compañera de nido entre una multitud de hembras.

Pero entonces, ¿por qué cambian de pareja sin la menor vacilación? Porque los machos no luchan nunca contra las hembras; es decir, tampoco pueden apoyar a su compañera en la lucha contra una rival. Porque los lazos de unión con el nido son más fuertes que los que le unen a su pareja. Porque un buen nido en un territorio rico en alimento es más importante que la pareja. Porque las parejas son sustituibles. Pero esto no quiere decir, ni mucho menos, que no existan relaciones personales entre macho y hembra. Sólo prueba que el apego al nido es más fuerte que el apego a la pareja. También se podría decir que el nido es el cemento que mantiene unidos a los dos cónyuges.

Este tipo de "apareamientos locales", como el que hemos visto en el caso de la cigüeña, son frecuentes en el reino animal. Recordemos las libélulas. ¿Acaso no están interesados macho y hembra de este insecto también en primer lugar por el territorio? ¿Acaso no es el territorio la condición necesaria para que tenga éxito el breve matrimonio, consistente tan sólo en el apareamiento y la puesta de los huevos? ¿Y qué es lo que ocurre con el coto macho? En su caso, el punto central de las relaciones conyugales vuelve a ser el lugar, el hueco donde tiene lugar el desove. ¿Y acaso no es válida también para la gacela Thomson la regla de que el territorio tiene más importancia que la pareja?

Naturalmente, todos estos ejemplos recién nombrados no se pueden comparar exactamente con la cigüeña porque las uniones de las libélulas, los cotos y las gacelas Thomson son, en sentido estricto, matrimonios de apareamiento. Sin embargo, al estar vinculados a un lugar, a un territorio, a un nido, etc., también los podríamos llamar, en último extremo, breves apareamientos locales.

Ya al final del cuarto capítulo explicamos la importancia capital que para muchos animales tienen los territorios o, al menos, los lugares de puesta y los nidos. La posesión de un territorio significa para su propietario estar familiarizado con el ambiente, conocer las localidades y los caminos, saber dónde están las fuentes de agua y de alimento y los árboles y arbustos que ofrecen protección. El territorio es una porción de espacio conocida y habitual que hay que defender contra los congéneres.

¿Puede sorprender después de esto que el petirrojo, esa ave que durante toda su vida es sedentaria y territorial, renuncie antes a su pareja que a su territorio?

Hemos trabado conocimiento, valiéndonos de unos pocos ejemplos, con determinadas formas de convivencia conyugal entre las aves; al hacerlo nos hemos limitado al apareamiento, al apareamiento de harén, al apareamiento monógamo de larga duración y al apareamiento local. Pero existen, además, otros modelos de apareamiento en los que ya no podemos entrar. Por ejemplo, en el caso del falaropo picofino, una pequeña ave de la familia de las agachadizas que habita en las zonas árticas y subárticas, macho y hembra han cambiado los papeles. La vistosa hembra se encarga del cortejo y de la elección de nido y territorio. De todo el proceso de incubación y cría se ocupa, en solitario, el macho, de apariencia discreta y poco vistosa*. Del chochín sabemos que el mismo macho un año es monógamo y al año siguiente mantiene relaciones con dos o incluso tres hembras. Según el tamaño del territorio y la oferta de alimento, los chochines machos son

* Niko Tinbergen nos narra sus encuentros con el falaropo picofino en su libro *Tierbeobachtungen zwischen Arktis und Afrika*.

monógamos o polígamos. El cuclillo vive en una poligamia orgiástica y a lo largo del período de reproducción cambia constantemente de pareja. Tampoco las hembras se sienten especialmente unidas a un macho en particular y se aparean con distintos compañeros.

Esta lista de las diferentes relaciones conyugales se podría continuar a lo largo de muchas páginas.

HAY BUENOS MOTIVOS PARA TERMINAR CON EL PETIRROJO

Al final de estas consideraciones sobre la búsqueda de pareja, el cortejo y los apareamientos en el reino animal, queremos volver a aquella ave que ya desde el principio nos ha acompañado a lo largo de nuestras investigaciones: el petirrojo. De las observaciones del estudiante Michael H. extrajimos las líneas directrices de este libro. Ahora vamos a cerrarlo también con sus observaciones.

En el tercer año, Michael pasa su tiempo libre en el cementerio de R. para observar la conducta de apareamiento y cría de las aves canoras. En realidad, se ha especializado en una especie de ave sobre la que la Ornitología sabe aún sorprendentemente poco: el acentor común. Pero, además, sigue controlando incansablemente las relaciones conyugales y los hábitos de incubación y cría de los petirrojos. Los petirrojos son, y seguirán siendo sus favoritos.

Desde septiembre de 1973 vive en el antiguo territorio de "Anilla Amarilla"* un petirrojo que Michael ha capturado y señalado con un anilla roja en la pata derecha. Este "Anilla Roja" durante el invierno ha ensanchado su territorio enormemente y en la primavera de 1974 ocupa ya casi dos tercios del cementerio.

---

* Plano del cementerio de Ravensburg en la figura 1-5.

A principios de marzo, Michael descubre por primera vez un petirrojo sin anillar en el territorio de "Anilla Roja". Sin embargo, no consigue capturarlo y anillarlo. A finales de marzo y durante todo abril busca en vano su nido. Hasta el 30 de abril no tropieza con "Sin Anilla", que llevando en el pico material para el nido. Cerca de él canta "Anilla Roja". Como son sólo las hembras las que se preocupan de la construcción del nido, está claro ahora que "Anilla Roja" es un macho y "Sin Anilla" una hembra. Pronto Michael encuentra también el nido. Está en mitad del territorio de "Anilla Roja" y es bien visible bajo un minúsculo abeto rojo enano, plantado sobre un sepulcro abandonado. El 10 de mayo ya hay siete huevos en el nido. A partir de ese día, "Sin Anilla" permanece sobre los huevos, incubando. Michael acostumbra a la hembra a su presencia. Después de cinco días incluso come de su mano gusanos de harina. Pero si en lugar de su anorak gris verdoso se pone el chubasquero azul, "Sin Anilla" se asusta y no se acerca a recoger alimento de su mano. También "Anilla Roja" se ha acostumbrado a Michael. De vez en cuando, "Anilla Roja" aparece en el nido con un par de insectos y alimenta a la hembra o canta en los alrededores, sobre las losas sepulcrales. Luego desaparece de nuevo durante bastante tiempo, a menudo más de media hora.

En los día siguientes, todo transcurre de acuerdo con el programa, según las observaciones que Michael ha reunido durante años sobre los nidos de los petirrojos. Pero el 20 de mayo, de un golpe, se viene abajo todo su mundo. Ese día descubre algo que al principio no se puede explicar y que en absoluto corresponde a sus ideas sobre el comportamiento de apareamiento del petirrojo. Lo mejor es que sigamos sus apuntes y notas de observación:

«20 de mayo, 10 horas, nublado, fresco, húmedo: en el camino superior, cinco jóvenes petirrojos jaspeados y ya capaces de volar son alimentados por "Anilla Roja" y

otro petirrojo de color desvaído. "Sin Anilla" está empollando su puesta bajo el abeto rojo enano.

¿Son "Sin Anilla" y la hembra del camino un mismo y único petirrojo?

10 horas 30 minutos: Se hace sonar una grabación del canto de un petirrojo y "Anilla Roja" viene en seguida, se queda muy cerca del aparato y se pone a cantar excitadamente. El otro pájaro adulto, el desconocido, no se preocupa lo más mínimo del reclamo sonoro. Sigue alimentando a los cinco jovencitos sin interrupción. Por su comportamiento sólo puede ser una hembra. Hermann* comprueba que durante el experimento con la grabadora, "Sin Anilla" está sentada tranquilamente sobre sus huevos, empollándolos.

Luego, ¡"Anilla Roja" tiene dos hembras!

10 horas 37 minutos: Hermann hace una señal desde el nido. "Sin Anilla" abandona el nido y vuela hacia el camino.

10 horas 38 minutos: "Sin Anilla" aparece de repente en medio de los petirrojos jóvenes del camino, va dando saltitos hacia "Anilla Roja" y con las alas temblorosas y el pico abierto mendiga comida como si fuese uno más de los jóvenes pajarillos. "Anilla Roja", que se disponía a alimentar a uno de los pollos, se da la vuelta, se acerca a "Sin Anilla" y le hace entrega de una oruga.

10 horas 39 minutos: "Sin Anilla" se va y "Anilla Roja" también, pero en otra dirección. La hembra desconocida se queda con los polluelos.

10 horas 40 minutos: Hermann hace la señal. "Sin Anilla" está de nuevo en el nido, se instala en su hueco y sigue empollando. "Anilla Roja" y la hembra desconocida alimentan a los polluelos.

---

* Además de Michael H. hay otros tres estudiantes que han participado en las observaciones llevadas a cabo en el cementerio de Ravensburg durante tres años. Uno de ellos es Hermann M., a quien se refiere aquí Michael.

22 de mayo, 14 horas 30 minutos, soleado, frío: "Sin Anilla" empolla. A sólo diez metros del nido, "Anilla Roja" alimenta a tres jóvenes petirrojos en la maleza. Ahora vuela también hacia mí y coge de mi mano gusanos de harina.

24 de mayo, 17 horas, soleado, cálido: en el nido hay seis polluelos recién salidos del cascarón. "Sin Anilla" los cobija bajo sus alas para darles calor. "Anilla Roja" alimenta a tres jóvenes petirrojos entre el nido y el camino superior.

27 de mayo, 17 horas 30 minutos, soleado, cálido: "Sin Anilla" sólo alimenta a los polluelos del nido. Simplemente, vuela hacia mi mano, coge su gusano de harina y lo lleva en seguida al nido. "Anilla Roja" alimenta alternativamente a los grandes y a los pequeños.

31 de mayo, 6 horas 30 minutos, soleado, fresco: Todos los polluelos del nido han desaparecido. Hay uno muerto entre la maleza. De los otros no queda ni rastro. No se ve ni se oye a "Anilla Roja" y a "Sin Anilla" a pesar de una larga búsqueda.»

Abandonaremos en este punto el acta de las observaciones realizadas. La historia de "Anilla Roja" y "Sin Anilla" aún continúa, pero carece ya de interés para nosotros. Lo importante para nuestro estudio de las formas de apareamiento en el reino animal es sólo la constatación de que el macho "Anilla Roja" mantiene relaciones con dos hembras al mismo tiempo y en el mismo territorio y que también se ocupa, al mismo tiempo, de las dos nidadas.

Esto es totalmente inusitado. Contradice todas las observaciones y anotaciones que en los últimos decenios hicieron muchos ornitólogos sobre la conducta de apareamiento del petirrojo.

Según las citadas observaciones, los petirrojos son monógamos. Por una temporada de reproducción, machos y hembras se reúnen en parejas. Cada pareja cría, desde abril hasta julio, dos nidadas. A finales de julio, la

pareja se separa y sus dos componentes pasan el otoño y una parte del invierno en solitario, en territorios separados*.

Al año siguiente, se forman nuevas parejas. Las hembras van en busca de compañero y se juntan con el macho del año anterior o eligen un nuevo cónyuge.

A la hora de elegir compañero el territorio desempeña un papel decisivo para la hembra. Sólo los machos en posesión de un territorio tienen posibilidades de conquistar una hembra. Lo que no sabemos es si la hembra elige al macho por el territorio o el territorio por el macho.

En el período de incubación, el territorio ocupa, con toda seguridad, el primer plano. Esto se puede demostrar con experimentos. Si se captura a un macho apareado y se lo aleja de su territorio, la hembra lo busca durante algún tiempo, intranquila, por el terreno, pero no abandona su territorio de incubación. Si se le pone a ésta una grabación magnetofónica del macho en su propio territorio, acude excitada, menea la cola y rodea una y otra vez la grabadora. Si se le pone el mismo canto fuera del territorio, llega hasta los límites de éste, pero, al poco tiempo, se da la vuelta y sigue alimentando a los polluelos. También los días siguientes continúa con el cuidado de las crías como venía haciendo, hasta que se presente algún otro macho, quizás un solterón sin territorio que ande vagabundeando por ahí. Sin grandes ceremonias, el macho forastero asume el territorio "sin dueño" y a la hembra sin pareja.

La situación es, pues, la misma en el caso del petirrojo y en el de la cigüeña. Es monógamo durante una temporada de cría; o sea, el suyo es un apareamiento de temporada. Y, como este apareamiento está estrechamente ligado a un lugar determinado, podemos decir también que

* Véase: Informe detallado sobre la vida del petirrojo a lo largo de un año (capítulo 1).

los apareamientos de los petirrojos son apareamientos locales y monógamos que duran una temporada. Sólo se producen cambios de pareja cuando uno de los cónyuges muere o cuando un macho pierde una lucha contra un rival* y es, por ello, expulsado de su territorio.

Frente a estas declaraciones unánimes, está el caso del petirrojo "Anilla Roja" que, al menos transitoriamente, tuvo relaciones conyugales y simultáneas con dos hembras. ¿Es posible que los petirrojos no sean tan monógamos como nosotros creemos? ¿Es acaso la bigamia más frecuente de lo que hasta ahora se sabía y ha sido ignorada durante tanto tiempo sólo porque a nuestra vista todos los petirrojos presentan el mismo aspecto y una investigación sistemática de esta cuestión sólo sería posible si se pudiesen anillar con distintos colores todos los petirrojos de una región durante años? Hasta ahora no lo sabemos y tampoco debemos dar a este caso una importancia excesiva. Su única función era darnos que pensar.

En realidad, ¿qué sabemos acerca de lo que ocurre en los animales y lo que los impulsa a realizar determinadas acciones? ¿Qué sabemos acerca de qué grado de libertad tiene un animal para tomar decisiones? ¿Hasta qué punto determinan los factores genéticos el comportamiento hacia la pareja? ¿Y qué papel, qué influencia, tiene el ambiente que rodea a un animal sobre su comportamiento frente a la pareja? Recordemos aquella breve observación sobre el comportamiento conyugal del chochín. En su caso, los factores que determinan si es monógamo o polígamo son el tamaño del territorio y la oferta de alimento. Los científicos han podido demostrar que los papiones hamadrías viven, según el terreno, en grupos grandes o

* En el caso de una disputa sobre un territorio, aumenta la agresividad del propietario del territorio. A medida que el agresor va penetrando en el territorio va aumentando en potencia.

En la mayoría de los casos sale airoso el propietario del territorio sin tener en cuenta que éste sea más fuerte o más débil que el agresor.

pequeños, en una estricta organización de tipo harén o en relajadas hordas con frecuentes cambios de pareja. Entre los macacos japoneses, una especie de simios que habita por lo general en el archipiélago japonés, hay grupos en los que es habitual el cambio constante de pareja, sin mantener ningún tipo de relación permanente con el compañero de turno. En otros grupos reina una dura esclavitud y sometimiento a un bajá que subordina a todos los miembros de su pueblo a un severo sistema patriarcal*. Y, sin embargo, hay otras hordas en que existe una hembra dominante que ejerce un matriarcado** absoluto. Es decir, en cada manada hay tradiciones que, transmitidas de generación en generación, determinan las relaciones entre las parejas. O con otras palabras, entre los macacos japoneses la educación, el aprender en qué relación conviven el macho y la hembra, desempeña un importante papel.

Por lo tanto, estas tres coordenadas —factores genéticos, medio ambiente y educación— determinan las relaciones entre machos y hembras de una especie animal. Sin embargo, sólo de unas pocas especies animales sabemos qué poder tiene el influjo de los factores genéticos, hasta qué punto el paisaje y la oferta de alimento son decisivos para determinar la forma de apareamiento y qué importancia pueden tener las tradiciones.

---

* *Patriarcado:* literalmente patrilinealismo. A la cabeza del grupo está un macho.
** *Matriarcado:* literalmente matrilinealismo. A la cabeza del grupo está una hembra.

PROCEDENCIA DE LAS ILUSTRACIONES

H. Schrempp: láminas 1-1, 3-1, 3-5, 3-6, 5-10, 6-1, 6-2, 6-3, 6-4, 7-2, 7-3, 7-4.
D. Lack: figuras 1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 2-3.
Lederer-Bavaria: lámina 2-1.
F. Sauer: láminas 2-2, 2-4, 2-5, 2-13, 3-4, 4-4, 5-1, 5-2, 5-3, 5-6, 5-7, 5-9, 5-11.
G. Jurzitza: láminas 2-3, 4-1, 4-2, 4-3.
K. Paysan: láminas 2-6, 4-6.
Root/Okapia: lámina 2-7.
F. G. Barth: láminas 2-8, 2-9, 2-11.
K. Harz: láminas 2-10, 3-2.
H. Pfletschinger: láminas 2-12, 3-3, 4-5, 5-4, 5-5, 7-5, 7-6.
V. Dröscher: figura 3-1.
Vogel/Angermann: figuras 3-2, 5-5.
W. Jacobs: figura 3-3.
D. Magnus: figura 3-4.
A. Heymer: figuras 4-1, 4-2, 4-3.
Schindler/Jurzitza: figura 4-4.
D. Morris: figuras 4-5, 4-6, 4-7.
K. Lorenz: figura 4-8.
F. Walther: figuras 4-9, 4-10, 4-11.
Tierbilder Okapia: láminas 4-7, 5-8, 7-8.
Ch. Houillon: figuras 5-1, 5-2, 5-3.
Heiligmann, Janus y Lange: figuras 5-6, 5-7.
Witschi: figura 6-1.
Allender (Ecology 17): figura 6-2.
V-Dia Heidelberg: láminas 6-5, 7-1.
Holdemer-Bavaria: lámina 6-6.
D. Blume: figuras 7-1, 7-2.
Engelmann: figura 7-3.
Dr. Skiba-Bavaria: lámina 7-7.
E. Weismann: figuras 1-5, 2-1, 2-2, 3-5, 3-6, 4-12, 5-4, 6-3, 6-4.


BRIAN SMITH







Este libro introduce al lector en la manera de pensar y trabajar en la biología moderna, al mismo tiempo que invita a jóvenes y profanos a participar en la investigación científica.
El autor plantea con sus propias experiencias y con el resumen de algunos trabajos de otros eminentes etólogos, ejemplos muy significativos: la atracción de las mariposas de sexos diferentes por las partículas desprendidas de las glándulas olorosas, la bioluminiscencia de las luciérnagas y sus intervalos de luz en las especies del género *Photinus*, el color rojo del vientre y baile en zig zag del pez espinoso; el vuelo amoroso de la mariposa arginis; el camachuelo, un pájaro con posibilidad de aprender; las paradas nupciales del coto y el caballito del diablo, etc.

Eberhard Weismann nació en 1929 en Leipzig, estudió biología, química y geografía en Tubinga y Munich. Paralelamente a su labor de docencia como profesor de biología, ha estudiado durante muchos años, en colaboración con sus alumnos, el comportamiento reproductor y el desarrollo de los insectos y de las aves.

Los rituales amorosos

E. Weismann

55



Los rituales amorosos

Un aspecto fundamental en la comunicación de los animales

Eberhard Weismann

Biblioteca
Científica
Salvat



Este libro introduce al lector en la manera de pensar y trabajar en la biología moderna, al mismo tiempo que invita a jóvenes y profanos a participar en la investigación científica.
El autor plantea con sus propias experiencias y con el resumen de algunos trabajos de otros eminentes etólogos, ejemplos muy significativos: la atracción de las mariposas de sexos diferentes por las partículas desprendidas de las glándulas olorosas, la bioluminiscencia de las luciérnagas y sus intervalos de luz en las especies del género *Photinus*, el color rojo del vientre y baile en zig zag del pez espinoso; el vuelo amoroso de la mariposa arginis; el camachuelo, un pájaro con posibilidad de aprender; las paradas nupciales del coto y el caballito del diablo, etc.

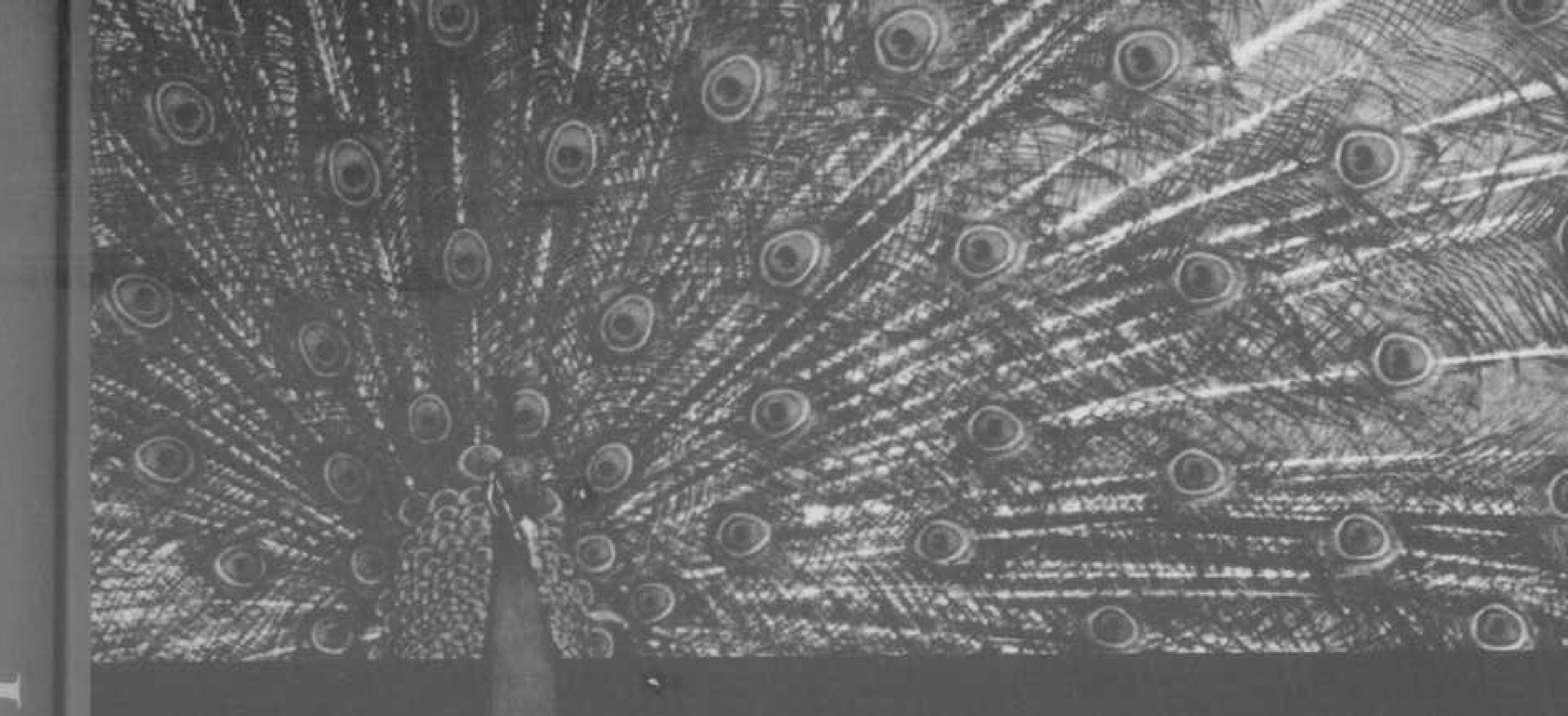
Eberhard Weismann nació en 1929 en Leipzig, estudió biología, química y geografía en Tubinga y Munich. Paralelamente a su labor de docencia como profesor de biología, ha estudiado durante muchos años, en colaboración con sus alumnos, el comportamiento reproductor y el desarrollo de los insectos y de las aves.

Los rituales amorosos

E. Weismann

55





Los rituales amorosos

Un aspecto fundamental en la comunicación de los animales

Eberhard Weismann

Biblioteca
Científica
Salvat



Este libro introduce al lector en la manera de pensar y trabajar en la biología moderna, al mismo tiempo que invita a jóvenes y profanos a participar en la investigación científica.
El autor plantea con sus propias experiencias y con el resumen de algunos trabajos de otros eminentes etólogos, ejemplos muy significativos: la atracción de las mariposas de sexos diferentes por las partículas desprendidas de las glándulas olorosas, la bioluminiscencia de las luciérnagas y sus intervalos de luz en las especies del género *Photinus*, el color rojo del vientre y baile en zig zag del pez espinoso; el vuelo amoroso de la mariposa arginis; el camachuelo, un pájaro con posibilidad de aprender; las paradas nupciales del coto y el caballito del diablo, etc.

Eberhard Weismann nació en 1929 en Leipzig, estudió biología, química y geografía en Tubinga y Munich. Paralelamente a su labor de docencia como profesor de biología, ha estudiado durante muchos años, en colaboración con sus alumnos, el comportamiento reproductor y el desarrollo de los insectos y de las aves.

Los rituales amorosos E. Weismann

55

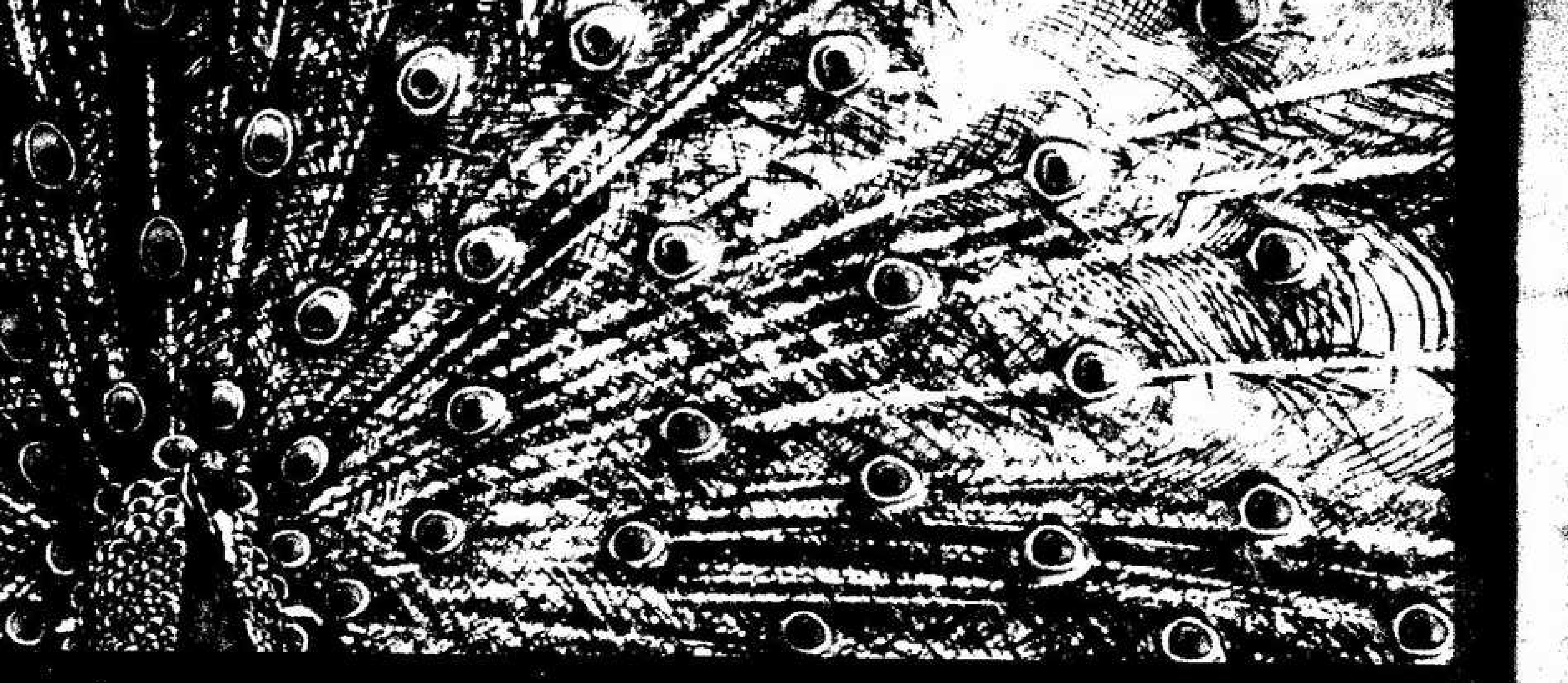


Los rituales amorosos

Un aspecto fundamental en la comunicación de los animales

Eberhard Weismann

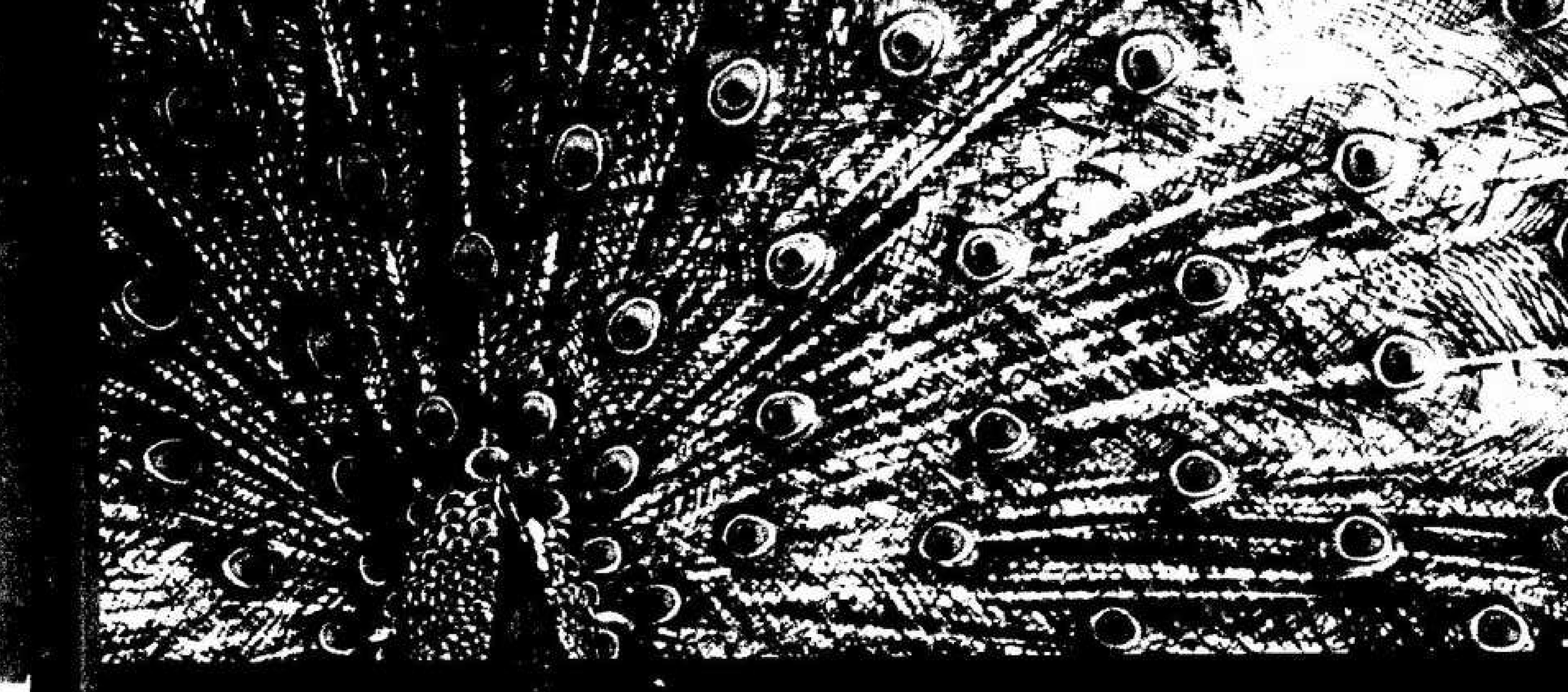
Biblioteca Científica Salvat



Este libro introduce al lector en la manera de pensar y trabajar en la biología moderna, al mismo tiempo que invita a jóvenes y profanos a participar en la investigación científica.
El autor plantea con sus propias experiencias y con el resumen de algunos trabajos de otros eminentes etólogos, ejemplos muy significativos: la atracción de las mariposas de sexos diferentes por las partículas desprendidas de las glándulas olorosas, la bioluminiscencia de las luciérnagas y sus intervalos de luz en las especies del género *Photinus*, el color rojo del vientre y baile en zig zag del pez espinoso; el vuelo amoroso de la mariposa arginis; el camachuelo, un pájaro con posibilidad de aprender; las paradas nupciales del coto y el caballito del diablo, etc.

Eberhard Weismann nació en 1929 en Leipzig, estudió biología, química y geografía en Tubinga y Munich. Paralelamente a su labor de docencia como profesor de biología, ha estudiado durante muchos años, en colaboración con sus alumnos, el comportamiento reproductor y el desarrollo de los insectos y de las aves.

Los rituales E. Weismann 55

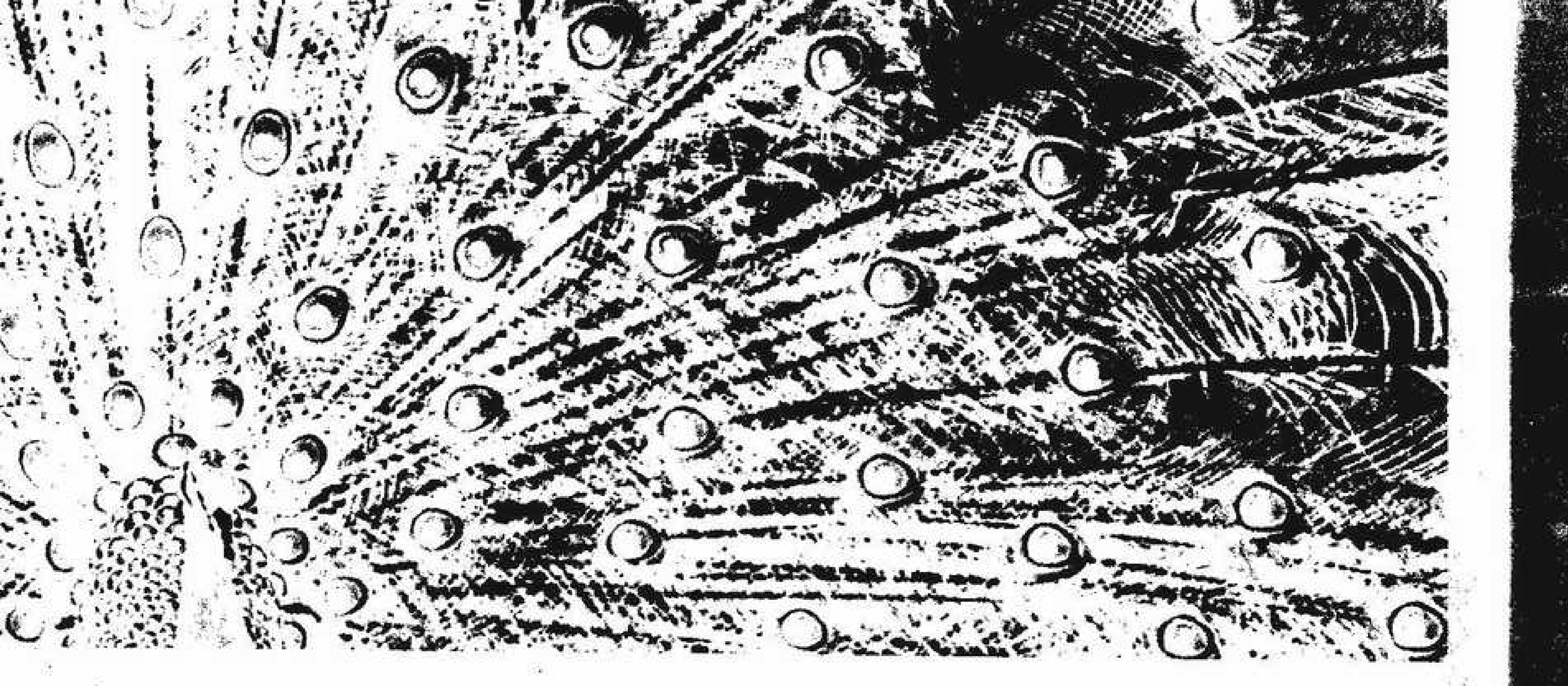


Los rituales amorosos

Un aspecto fundamental en la comunicación de los animales

Eberhard Weismann

Biblioteca Científica Salvat



Este libro introduce al lector en la manera de pensar y trabajar en la biología moderna, al mismo tiempo que invita a jóvenes y profanos a participar en la investigación científica.
El autor plantea con sus propias experiencias y con el resumen de algunos trabajos de otros eminentes etólogos, ejemplos muy significativos: la atracción de las mariposas de sexos diferentes por las partículas desprendidas de las glándulas olorosas, la bioluminiscencia de las luciérnagas y sus intervalos de luz en las especies del género *Photinus*, el color rojo del vientre y baile en zig zag del pez espinoso; el vuelo amoroso de la mariposa arginis; el camachuelo, un pájaro con posibilidad de aprender; las paradas nupciales del coto y el caballito del diablo, etc.

Eberhard Weismann nació en 1929 en Leipzig, estudió biología, química y geografía en Tubinga y Munich. Paralelamente a su labor de docencia como profesor de biología, ha estudiado durante muchos años, en colaboración con sus alumnos, el comportamiento reproductor y el desarrollo de los insectos y de las aves.

Los rituales E. Weismann

55



Los rituales amorosos

Un aspecto fundamental en la comunicación de los animales

Eberhard Weismann

Biblioteca Científica Salvat